



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR RUMAH SUSUN  
TAMBAK OSOWILANGUN SURABAYA DENGAN  
METODE BETON PRACETAK**

SYAH RIZAL DARMAWAN

NRP. 3114100076

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018



*TUGAS AKHIR (RC14-1501)*

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR RUMAH SUSUN  
TAMBAK OSOWILANGUN SURABAYA DENGAN  
METODE BETON PRACETAK**

*SYAH RIZAL DARMAWAN  
NRP. 3114100076*

*Dosen Pembimbing :  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka*

*DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018*



*FINAL PROJECT (RC14-1501)*

**DESIGN MODIFICATION OF TAMBAK  
OSOWILANGUN SURABAYA FLATS USING  
PRECAST CONCRETE METHOD**

**SYAH RIZAL DARMAWAN**  
NRP. 3114100076

Academic Supervisor :  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

**CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT**  
Faculty of Civil, Environmental and Geo Engineering  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2018

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR RUMAH SUSUN  
TAMBAK OSOWILANGUN SURABAYA DENGAN  
METODE BETON PRACETAK**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Struktur  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

*Oleh:*

**SYAH RIZAL DARMAWAN**

NRP. 3114100076

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka



**SURABAYA  
JULI, 2018**



# **DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGUN SURABAYA DENGAN METODE BETON PRACETAK**

**Nama Mahasiswa** : SYAH RIZAL DARMAWAN  
**NRP** : 3114100076  
**Departemen** : Teknik Sipil – FTSLK ITS  
**Dosen Konsultasi** : Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

## **Abstrak**

*Pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia bertambah pesat setiap tahunnya. Sebagai kota metropolitan dan kota terbesar kedua di Indonesia, hal tersebut juga terjadi di Kota Surabaya. Laju pertumbuhan penduduk Kota Surabaya berimplikasi langsung pada kebutuhan akan hunian masyarakatnya. Namun, di sisi lain ketersediaan akan lahan semakin minim. Hunian vertikal dapat menjadi alternatif solusi terkait permasalahan tersebut.*

*Bangunan gedung biasanya dibangun dengan metode konvensional. Dengan perkembangan jaman, tuntutan terhadap pekerjaan konstruksi yang cepat dan efisien sering kali terjadi.. Metode beton pracetak merupakan alternative yang dinilai tepat untuk dilaksanakan. Beton pracetak memiliki kelebihan dibandingkan metode konvensional, yaitu : mempercepat waktu penyelesaian proyek, lebih praktis, semakin hemat pada jumlah pemakaian elemen dengan tipe berulang. Tanpa mengurangi kemampuan bangunan dalam menerima beban.*

*Gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun Surabaya dengan ketinggian 16 lantai yang terletak di Kelurahan Tambak Osowilangun, Kecamatan Benowo, Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur ini dibangun untuk segera dapat memenuhi kebutuhan akan hunian masyarakat Surabaya. Dalam pada tugas akhir ini akan dilakukan desain modifikasi struktur Rumah Susun Tambak Osowilangun Surabaya pada kolom, balok, dan pelat yang*

*sebelumnya menggunakan metode cor di tempat menjadi menggunakan metode pracetak dan menggunakan system gedung yaitu system ganda (Dual System).*

*Dalam perencanaan elemen-elemen beton pracetak, penulis menggunakan ketentuan seperti perencanaan beton konvensional menurut SNI 2847 : 2013, PCI Handbook dan beberapa referensi terkait. Selain itu, bagian terpenting dalam perencanaan menggunakan metode beton pracetak adalah bagian sambungan. Metode penyambungan yang digunakan oleh penulis adalah produk dari Peikko Group untuk sambungan antar balok dan NMB Splice Sleeve untuk sambungan antar kolom, sambungan yang digunakan termasuk sambungan basah. Analisa perhitungan berdasarkan kekuatan gaya aksial sambungan yang dibandingkan dengan kekuatan tulangan setelah leleh ( $1.25 f_y$ ) dan panjang penyaluran sesuai dengan peraturan SNI 2847 : 2013. Untuk perencanaan pondasi, penulis menggunakan produk tiang pancang beton dari PT. Wika Beton.*

***Keywords : Hunian Vertikal, Beton Pracetak, Beton Bertulang, Sambungan Basah, Peikko Group Connection, NMB Splice Sleeve Connection.***

# **DESIGN MODIFICATION OF TAMBAK OSOWILANGUN SURABAYA FLATS USING PRECAST CONCRETE METHOD.**

**Name** : SYAH RIZAL DARMAWAN  
**NRP** : 3114100076  
**Major Department** : Civil Engineering – FTSLK ITS  
**Supervisor** : Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

## **Abstract**

*The population in Indonesia is growing rapidly every year. As the second largest metropolitan city in Indonesia, it also happens in Surabaya. The rate of population growth in Surabaya has direct implications on the people's need for housing. However, on the other hand the availability of land will be diminishing so vertical housing can be an alternative solution related to the problem.*

*Buildings are usually built by conventional methods. With the development of the times, demands for fast and efficient construction work often needed. Precast concrete method is an appropriate alternative to be implemented. Precast concrete has advantages over conventional methods, namely: speed up the project completion time, more practical, and also more efficient on the number of elements with the use of recurring types but without reducing the ability of buildings in accepting the burden.*

*Tambak Osowilangun Flats Building Surabaya with a height of 16 floors located in Tambak Osowilangun village, Benowo Sub-district, Surabaya City, East Java Province was built to immediately meet the residential needs in Surabaya. In this final project, the author will design the modification of the structure of Tambak Osowilangun Flats Surabaya on columns, beams, and plates which previously use in-situ cast method changed into precast method and utilize the building system that is dual system.*

*In the planning of precast concrete elements, the authors use provisions such as conventional concrete planning according to SNI 2847: 2013, PCI Handbook and some related references. In addition, the most important part in planning using the precast concrete method is the connection part. The connection method used by the authors is the product of Peikko Group for the connection between beams and NMB Splice Sleeve for the connection between columns, the connection used including the wet connection. The calculation analysis is based on the strength of the axial force of the connection compared with the strength of the reinforcement after melting (1.25 fy) and the length of distribution in accordance with the regulation of SNI 2847: 2013. For the foundation planning, the author uses concrete pile product from PT. Wika Beton.*

***Keywords : Vertical Housing, Precast Concrete, Reinforced Concrete, Wet Connection, Peikko Group Connection, NMB Splice Sleeve Connection.***

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji syukur bagi Allah SWT atas limpahan petunjuk dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka kita tidak akan tersesat dan barang siapa yang disesatkan maka kitapun tidak akan mendapatkan petunjuk itu.

Tugas Akhir ini membahas “Desain Modifikasi Struktur Rumah Susun Tambak Osowilangun Surabaya dengan Metode Beton Pracetak”. Dalam Tugas Akhir ini secara garis besar membahas tentang perencanaan elemen beton pracetak yaitu kolom, pelat, balok, serta elemen struktur lainnya.. Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. I G P Raka selaku dosen pembimbing
2. Kedua orang tua dan keluarga penulis
3. Bapak Cahyono Bintang Nurcahyo, S.T., M.T. selaku dosen wali.
4. Bapak Trijoko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS
5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS.
6. Rekan – rekan mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas akhir ini.
7. Teruntuk rakyat Indonesia yang kesulitan memenuhi kebutuhan akan hunian, yang mendasari penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Allah SWT senantiasa menjadikan Tugas Akhir ini sebagai amalan yang ikhlas mengharap kemuliaan ridlo-Nya dan memberikan manfaat serta kontribusi yang berarti kepada rekan-rekan semua.

Surabaya, Juli 2018

**Penulis**

## **LEMBAR TERIMA KASIH**

1. Allah SWT
2. Nabi Muhammad SAW
3. Ibu Ida Yuhana, Ayah Mat Nur, Kakak Laily Zoraya Zahra, Kakak Redhata Rangkuti, Adik Rahardian Aji, atas semua doa dan dukungan yang tak ternilai dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
4. Om-om, tante-tante, serta seluruh penghuni Manukan Lor 1F/9 atas doa dan dukungan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
5. Alifia Az-Zahra, Viena, Saocy, Fisma, Dimas, Ario, Nando, Alfian, Anin, Ivan, Tyas, Delia, Rama, AryKoer, Dipta, Maya, Wahyu Kepeng, Tyo, Bandot, Rio, Albana, Mahendra, tanpa mereka mungkin tugas akhir ini tidak dapat selesai tepat pada waktunya.
6. Teman-teman Ngeten (Ayu, Kezia, Nea, Galih, Windra) yang ada di setiap kondisi dan wadah tempat berbagi cerita
7. Teman-teman Bosala (Rama, Kukuh, Zuhdy, Kezia, Viola, Ayu, Hasna, Novi) yang sebagian besar telah menyelesaikan studinya sehingga memberika tekanan positif untuk segera menyusul.
8. Teman-teman S-57 yang telah memberi dukungan selama masa perkuliahan.
9. HMS beserta seluruh anggotanya yang telah memberi penulis wadah untuk belajar selama masa kemahasiswaan.
10. Teman-teman Sayap Kanan
11. Pihak-pihak yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan dan terutama dalam masa penyusunan tugas akhir ini.

## DAFTAR ISI

Abstrak .....	i
Abstract .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR TERIMA KASIH.....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.2.1 Masalah Utama .....	3
1.2.2 Detail Masalah.....	3
1.3    Tujuan.....	3
Tujuan Utama .....	3
Tujuan Detail .....	3
1.4    Batasan Masalah.....	4
1.5    Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1    Umum.....	5
2.2    Sistem Struktur Gedung .....	5
2.3    Beton Pracetak.....	6
2.4    Kontruksi Tahan Gempa .....	8
2.5    Tinjauan Elemen Pracetak.....	9

2.5.1	Pelat .....	9
2.5.2	Balok .....	10
2.5.3	Kolom.....	12
2.6	Dinding Geser.....	12
2.7	Perencanaan Sambungan.....	13
2.7.1	Sambungan dengan Cor Setempat.....	15
2.7.2	Sambungan dengan Las.....	16
2.7.3	Sambungan dengan Baut .....	16
2.8	Titik – Titik Angkat dan Sokongan .....	17
2.8.1	Pengangkatan Pelat Pracetak.....	17
2.8.2	Pengangkatan Balok / Kolom Pracetak .....	19
2.9	Detail Penulangan.....	21
2.9.1	Penyaluran Tulangan dalam Tarik.....	21
2.9.2	Penyaluran Tulangan dalam Tarik.....	22
2.10	Metode Konstruksi Sistem Pracetak.....	23
2.10.1	Kegiatan pada Proses Produksi .....	23
2.10.2	Transportasi dan Alat Angkut .....	23
2.10.3	Pelaksanaan Konstruksi (Ereksi).....	24
BAB III METODOLOGI .....		25
3.1	Umum.....	25
3.2	Bagan Alir Perencanaan .....	25
3.3	Studi Literatur dan Pengumpulan Data .....	27
3.4	Penentuan Kriteria Desain.....	28
3.5	Preliminary Desain Bagunan Atas.....	29



3.5.1	Perencanaan Dimensi Pelat .....	29
3.5.2	Perencanaan Dimensi Balok Induk .....	30
3.5.3	Perencanaan Dimensi Kolom .....	30
3.5.4	Perencanaan Dimensi Balok Anak .....	31
3.5.5	Perencanaan Tangga.....	31
3.5.6	Perencanaan <i>Lift</i> .....	31
3.5.7	Perencanaan Struktur Atap .....	32
3.6	Pembebanan dan Permodelan Struktur Bangunan Atas 32	
3.6.1	Kombinasi Pembebanan .....	35
3.6.2	Permodelan Struktur .....	35
3.7	Kontrol Permodelan Struktur .....	35
3.7.1	Kontrol Partisipasi Massa.....	35
3.7.2	Kontrol Periode Fundamental Struktur .....	36
3.7.3	Kontrol Skala Gaya Dinamis.....	37
3.7.4	Kontrol Drift (Defleksi Bangunan) .....	37
3.8	Analisa Struktur.....	37
3.8.1	Perhitungan Gaya Dalam.....	37
3.9	Perencanaan Penulangan Struktur .....	38
3.9.1	Perencanaan Penulangan Balok.....	38
3.9.2	Perencanaan Penulangan Kolom .....	43
3.9.3	Persyaratan Strong Column Weak Beam .....	43
3.9.4	Perencanaan Penulangan Pelat .....	44
3.9.5	Perencanaan Struktur Dinding Geser .....	47

3.10	Perencanaan Sambungan.....	48
3.10.1	Sambungan Base Plate – Kolom / Kolom - Kolom 48	
3.10.2	Sambungan pada Balok – Kolom.....	49
3.10.3	Sambungan pada Balok Induk – Balok Anak.....	50
3.10.4	Sambungan pada Balok - Pelat.....	50
3.11	Perencanaan Pondasi .....	51
3.12	Metode Pelaksanaan .....	54
3.13	Gambar Teknik.....	54
3.14	Kesimpulan dan Saran.....	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		55
4.1	Preliminary Design.....	55
4.1.1	Umum.....	55
4.1.2	Data Perencanaan .....	55
4.1.3	Pembebanan.....	56
4.1.4	Perencanaan Pelat.....	57
4.1.5	Perencanaan Balok .....	58
4.1.6	Perencanaan Kolom.....	61
4.1.7	Perencanaan Dinding Geser .....	68
4.2	Pembebanan dan Analisa Struktur .....	69
4.2.1	Umum.....	69
4.2.2	Permodelan Struktur.....	69
4.2.3	Pembebanan Gravitasi .....	70
4.2.4	Pembebanan Gempa Dinamis.....	72

4.3	Perencanaan Struktur Sekunder.....	91
4.3.1	Umum.....	91
4.3.2	Perencanaan Tangga.....	91
4.3.3	Perencanaan Pelat Lantai dan Pelat Atap .....	106
4.3.4.	Perencanaan Balok Anak Pracetak .....	131
4.3.5	Perencanaan <i>Lift</i> dan Balok Penumpu <i>Lift</i> .....	155
4.4.	Perencanaan Struktur Primer .....	158
4.4.1	Umum.....	158
4.4.2.	Perencanaan Balok Induk Pracetak .....	158
4.4.3	Perencanaan Kolom Pracetak .....	188
4.4.4.	Perencanaan Dinding Geser / Shear Wall.....	195
4.5.	Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak .....	201
4.5.1	Umum.....	201
4.5.2	Konsep Desain Sambungan.....	202
4.5.3.	Perencanaan Konsol pada Elemen Pracetak .....	203
4.5.4	Perencanaan Sambungan Balok – Kolom .....	206
4.5.5.	Perencanaan Sambungan Balok Anak–Balok Induk	211
4.5.6.	Perencanaan Sambungan Pelat-Balok .....	215
4.5.8.	Perencanaan Sambungan antar Kolom Pracetak	216
4.6	Perencanaan Pondasi .....	218
4.6.1.	Data Perencanaan Pondasi .....	218
4.6.2.	Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal .....	219
4.6.3.	Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok .....	228

4.6.4. Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang.....	229
4.6.5. Kontrol Kekuatan Tiang Pancang.....	233
4.6.6. Perencanaan Poer.....	238
4.6.7. Perencanaan Sloof .....	244
4.7. Metode Pelaksanaan.....	247
4.7.1. Sistem Struktur .....	247
4.7.2. Metode Erection .....	248
4.7.3. Pengangkatan dan Peralatan Erection.....	249
4.7.4. Transportasi Elemen Beton Pracetak.....	253
4.7.5. Metode Pekerjaan .....	253
BAB V .....	257
5.1. Kesimpulan.....	257
5.2. Saran.....	259
DAFTAR PUSTAKA.....	261

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Tampak Desain Gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun ( <i>Sumber : PT. Totalindo Eka Persada</i> ).....	2
Gambar 2. 1 Pelat Pracetak berlubang ( <i>Hollow Core Slab</i> ).....	9
Gambar 2. 2 Pelat pracetak tanpa lubang ( <i>Solid Slab</i> ) .....	10
Gambar 2. 3 Pelat pracetak (a) <i>Single Tee</i> dan (b) <i>Double Tees</i> . ..	10
Gambar 2. 4 Balok Berpenampang Persegi ( <i>Rectangular Beam</i> ) .....	11
Gambar 2. 5 Balok Berpenampang L (L – Shaped Beam).....	11
Gambar 2. 6 Balok T terbalik ( <i>Inverted Tee Beam</i> ) .....	11
Gambar 2. 7 Penampang Kolom Pracetak.....	12
Gambar 2. 8 Sambungan dengan Cor Setempat.....	15
Gambar 2. 9 Sambungan dengan Las.....	16
Gambar 2. 10 Sambungan dengan Menggunakan Baut .....	17
Gambar 2. 11 Posisi Titik Angkat Pelat (4 buah titik angkat).....	18
Gambar 2. 12 Posisi Titik Angkat Pelat ( 8 buah titik angkat)....	18
Gambar 2. 13 Pengangkatan Balok / Kolom pracetak .....	19
Gambar 2. 14 Model Pembebanan Balok Pracetak saat Pengangkatan .....	19
Gambar 2. 15 Titik – Titik Angkat dan Sokongan Sementara untuk Produk Pracetak Balok .....	20
Gambar 2. 16 Detail Kaitan untuk Penyaluran kait Standar.....	22
Gambar 3. 1 Diagram Alir Perencanaan.....	25
Gambar 3. 2 Diagram Alir Perencanaan (lanjutan) .....	26
Gambar 3. 3 Pengangkatan Balok Pracetak .....	42
Gambar 3. 4 Model Pembebanan Balok Pracetak Saat Pengangkatan .....	42
Gambar 3. 5 Titik titik angkat dan sokongan sementara untuk produk pracetak balok/kolom.....	42
Gambar 3. 6 Ilustrasi kuat momen yang bertemu di hubungan balok kolom.....	44
Gambar 3. 7 Diagram alir perhitungan tulangan lentur pelat. ....	44

Gambar 3. 8 Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat) .....	46
Gambar 3. 9 Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat) .....	47
Gambar 3. 10 Sambungan Kolom .....	48
Gambar 3. 11 Sambungan balok dengan kolom.....	49
Gambar 3. 12 Parameter Geometri Konsol Pendek.....	49
Gambar 3. 13 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak.....	50
Gambar 3. 14 Sambungan balok induk dengan pelat .....	51
Gambar 4. 1 Denah Gedung .....	55
Gambar 4. 2 Balok Induk pada Gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun (B1-B4).....	58
Gambar 4. 3 Balok Anak pada Gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun (B1A dan B2A).....	60
Gambar 4. 4 Kolom yang Ditinjau Sebagai Desain Awal (K1) .....	61
Gambar 4. 5 Permodelan pada ETABS .....	69
Gambar 4. 6 Faktor Keutamaan Gempa (Ie) .....	73
Gambar 4. 7 Grafik Respon Spektrum Desain .....	77
Gambar 4. 8 Denah dan Potongan Tangga.....	94
Gambar 4. 9. Desain Perencanaan Tangga.....	94
Gambar 4. 10 Detail Perencanaan Tangga .....	94
Gambar 4. 11 Pembebanan Tangga .....	96
Gambar 4. 12 Bidang N, D, M pada Tangga .....	99
Gambar 4. 13 Pembebanan pada Balok Bordes.....	102
Gambar 4. 14 Pelat Lantai Tipe 1 .....	107
Gambar 4. 15 Momen Pengangkatan Pelat Pracetak .....	117
Gambar 4. 16 Jarak Tulangan Angkat.....	121
Gambar 4. 17 Profil PSA dan Perkuatan .....	124
Gambar 4. 18 Kait Jenka Lifter .....	124
Gambar 4. 19 Defleksi pada Pelat .....	126
Gambar 4. 20 Defleksi pada Pelat .....	128
Gambar 4. 21 Faktor Lendutan Jangka Panjang.....	128
Gambar 4. 22 Denah Balok Anak (B1A-B2A) .....	131

Gambar 4. 23 Distribusi Beban pada Balok Anak Sebelum Komposit .....	132
Gambar 4. 24 Pengangkatan Balok .....	144
Gambar 4. 25 Titik Angkat Balok Anak .....	151
Gambar 4. 26 Profil PSA dan Perkuatan .....	153
Gambar 4. 27 Kait Jenka Lifter .....	154
Gambar 4. 28 Denah Balok Induk Pracetak (B1-B4) .....	159
Gambar 4. 29 Distribusi Beban pada Balok Induk Sebelum Komposit .....	160
Gambar 4. 30Pembebanan Balok Induk Sebelum Komposit ....	169
Gambar 4. 31 Pengangkatan Balok .....	173
Gambar 4. 32 Titik Angkat Balok Induk .....	184
Gambar 4. 33 Profil PSA dan Perkuatan .....	186
Gambar 4. 34 Kait <i>Jenka Lifter</i> .....	187
Gambar 4. 35 Denah Kolom Pracetak (K1) .....	188
Gambar 4. 36 Output Program Bantu SPColumn .....	190
Gambar 4. 37 Output SpColumn .....	192
Gambar 4. 38 Profil BSA dan Perkuatan Kait JL.....	194
Gambar 4. 39 JENKA Lifter .....	194
Gambar 4. 40 Diagram Interaksi ShearWall arah X .....	200
Gambar 4. 41 Penulangan ShearWall Tipe L .....	200
Gambar 4. 42 Penulangan ShearWall Tipe C.....	201
Gambar 4. 43 Detail Sambungan Balok – Kolom.....	202
Gambar 4. 44 Detail Sambungan Balok – Balok .....	202
Gambar 4. 45 Detail Sambungan Kolom – Kolom .....	203
Gambar 4. 46 Geometrik Konsol Pendek .....	203
Gambar 4. 47 Ilustrasi Pertemuan antar Tulangan Kolom .....	216
Gambar 4. 48 Ilustrasi Penyambungan antar Kolom Pracetak .	217
Gambar 4. 49 Diagram Gaya Lateral Tiang .....	236
Gambar 4. 50 Area Kritis Geser Akibat Kolom .....	239

Gambar 4. 51 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu X)	242
Gambar 4. 52 Sistem struktur rangka kolom sambungan setiap satu lantai	248
Gambar 4. 53 Metode erection arah horizontal	249
Gambar 4. 54 Dua Titik Angkat pada Pelat Pracetak	250
Gambar 4. 55 Empat Titik Angkat pada Pelat Pracetak	250
Gambar 4. 56 Pengangkatan pada Elemen Balok	251
Gambar 4. 57 Pengangkatan pada Elemen Kolom	251
Gambar 4. 58 Sambungan Kolom	254
Gambar 4. 59 Pemasangan Sambungan Balok Induk-Kolom (Lampiran)	254
Gambar 4. 60 Sambungan Balok Induk dengan balok anak (Lampiran)	255
Gambar 4. 61 Sambungan balok induk dengan pelat (Lampiran)	255



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Sistem Konvensional Dengan Sistem Pracetak .....	6
Tabel 2. 2 Perbedaan Metode Penyambungan .....	14
Tabel 2. 3 Angka Pengali Beban Statis Ekvivalen untuk Menghitung Gaya Pengangkatan dan Gaya Dinamis .....	20
Tabel 2. 4 Faktor Pengali Penyaluran Tulangan Tarik .....	21
Tabel 2. 5 Faktor Pengali Penyaluran Tulangan Berkat dalam Tarik .....	22
Tabel 3. 1 Beban Mati pada Struktur .....	32
Tabel 3. 2 Beban Hidup pada Struktur .....	33
Tabel 3. 3 Koefisien $C_u$ .....	36
Tabel 3. 4 Koefisien $C_t$ dan $x$ .....	37
Tabel 3. 5 Angka pengali beban statis ekivalen untuk menghitung gaya pengangkatan dan gaya dinamis .....	43
Tabel 4. 1 Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung .....	57
Tabel 4. 2 Preliminary Design Dimensi Pelat Pracetak .....	57
Tabel 4. 3 Tebal Minimum Balok Non – Prategang .....	58
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Induk .....	59
Tabel 4. 5 . Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Anak .....	61
Tabel 4. 6 Beban Total yang diterima Kolom Atap-13 .....	63
Tabel 4. 7 Beban Total yang diterima Kolom Lantai 12-9 .....	65
Tabel 4. 8 Beban Total yang diterima Kolom Lantai 8-5 .....	66
Tabel 4. 9 Beban Total yang diterima Kolom Lantai 4-1 .....	67
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Pembebanan .....	71
Tabel 4. 11 Hasil Pembebanan pada ETABS .....	71
Tabel 4. 12 Kontrol Pembebanan Gravitasi .....	72
Tabel 4. 13 Parameter Respon Spectral dan Percepatan Spectral Desain .....	74
Tabel 4. 14 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek .....	75

Tabel 4. 15 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik .....	75
Tabel 4. 16 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra.....	76
Tabel 4. 17 Nilai $C_t$ dan $\alpha$ .....	77
Tabel 4. 18 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung .....	78
Tabel 4. 19 Periode Fundamental .....	79
Tabel 4. 20 Koefisien Modifikasi respon .....	80
Tabel 4. 21 Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS .....	81
Tabel 4. 22 Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS $V_x$ & $V_y$ ...	82
Tabel 4. 23 Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS $V_x$ & $V_y$ Baru .....	84
Tabel 4. 24 Kontrol Sistem Ganda .....	85
Tabel 4. 25 Total Partisipasi Massa.....	85
Tabel 4. 26 Batas Simpangan Gedung .....	86
Tabel 4. 27 Kontrol Simpangan .....	88
Tabel 4. 28 Perhitungan Eksentrisitas Aktual terhadap Pusat Massa dan Pusat Rotasi .....	89
Tabel 4. 29 Eksentrisitas Baru Setelah Adanya Perubahan Pusat Massa.....	91
Tabel 4. 30 Rekapitulasi Penulangan Tangga .....	105
Tabel 4. 31 Lendutan Izin Maksimum .....	129
Tabel 4. 32 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai .....	130
Tabel 4. 33 Perhitungan $M_{pr}$ B1 .....	177
Tabel 4. 34 Daya Dukung Tanah.....	221
Tabel 4. 35 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 1 .....	225
Tabel 4. 36 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 2 .....	226
Tabel 4. 37 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 3 .....	226
Tabel 4. 38 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 4 .....	227
Tabel 4. 39 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 5 .....	227
Tabel 4. 40 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 6 .....	228
Tabel 4. 41 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum tipe 1 .....	231

Tabel 4. 42 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum tipe 2 .....	231
Tabel 4. 43 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum tipe 3 .....	232
Tabel 4. 44 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum tipe 4 .....	232
Tabel 4. 45 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum tipe 5 .....	232
Tabel 4. 46 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum tipe 6 .....	233
Tabel 4. 47 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 1 .....	234
Tabel 4. 48 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 2 .....	234
Tabel 4. 49 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 3 .....	235
Tabel 4. 50 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 4 .....	235
Tabel 4. 51 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 5 .....	235
Tabel 4. 52 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 6 .....	236
Tabel 4. 53 Rekapitulasi Penulangan Poer .....	244

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan “*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

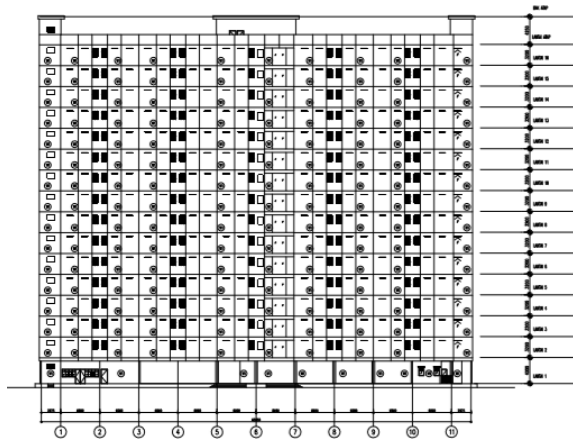
### **1.1 Latar Belakang**

Pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia bertambah begitu pesat. Kurun waktu 2010-2015 pertumbuhan jumlah penduduk berada di kisaran 1,28% secara nasional (BPS,2015). Hal ini juga terjadi Kota Surabaya sebagai salah satu kota metropolitan di Indonesia. Menurut data BPS yang dilansir pada tahun 2015, pertumbuhan penduduk di Kota Surabaya sebesar 0,52% per tahun. Laju pertumbuhan penduduk Kota Surabaya yang konsisten di angka 0,5%-0,6% berimplikasi langsung pada kebutuhan akan hunian yang akan terus bertambah. Di sisi lain, lahan yang tersedia tidak bertambah, sedang penduduk selalu bertambah setiap tahunnya menjadi penyebab meningkatnya angka kepadatan penduduk. Kota Surabaya masuk ke dalam 15 besar Kota/Kabupaten dengan tingkat kepadatan tertinggi di Indonesia dengan kepadatan 8463 orang/km<sup>2</sup>. Padahal hunian merupakan kebutuhan primer manusia yang harus dipenuhi selain sandang dan pangan. Hunian vertikal dapat menjadi alternatif solusi permasalahan terkait lahan tersebut. Karena dengan hunian vertikal, lahan minim yang tersedia mampu menampung manusia yang lebih banyak dibanding rumah tapak.

Bangunan gedung biasanya dibangun dengan metode konvensional dimana semua bahan konstruksi yang diperlukan dicetak di tempat proyek konstruksi. Dalam kondisi ini, tuntutan terhadap pekerjaan konstruksi yang cepat dan efisien sering kali terjadi. Pembangunan gedung – gedung bertingkat yang meningkat pesat mengharuskan adanya suatu metode yang dapat dilakukan dengan cepat dan efisien tanpa mengurangi kemampuan bangunan tersebut dalam menerima beban. Menanggapi hal tersebut, metode beton pracetak merupakan alternatif yang dinilai tepat untuk dilaksanakan. Beton pracetak bertujuan untuk memudahkan pekerjaan di lapangan dan mendapatkan hasil yang lebih akurat

karena elemen-elemen struktur berupa beton sudah dicetak terlebih dahulu di pabrik dengan kualitas yang dapat terjaga. Sistem pracetak memiliki kelebihan dan kekurangan jika dibandingkan dengan sistem konvensional. Kelebihannya adalah dapat mempercepat waktu penyelesaian proyek, lebih praktis, dan biaya semakin hemat pada jumlah pemakaian elemen yang semakin banyak dengan tipe berulang. Kekurangannya adalah pada ketidakmampuan beton dalam menahan gaya lateral (Dora, 2006).

Dari permasalahan yang ada, maka pada tugas akhir ini dilakukan modifikasi pada Gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun setinggi 16 lantai dengan menggunakan metode pracetak (precast) yang sebelumnya yaitu metode cor di lokasi (cast in site). Perencanaan struktur menggunakan sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus dan dinding geser beton bertulang biasa yang dibangun di Tambak Osowilangun, Kota Surabaya, Jawa Timur.



**Gambar 1. 1** Tampak Desain Gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun  
(Sumber : PT. Totalindo Eka Persada)

## **1.2 Rumusan Masalah**

### **1.2.1 Masalah Utama**

Bagaimana merencanakan struktur gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun di Kota Surabaya menggunakan metode beton pracetak ?

### **1.2.2 Detail Masalah**

1. Bagaimana merencanakan dimensi yang efisien dari kolom, balok dan plat beton pracetak ?
2. Bagaimana perencanaan detailing penulangan pada elemen pracetak sesuai peraturan ?
3. Bagaimana perencanaan detailing sambungan pada elemen pracetak sesuai peraturan ?
4. Bagaimana perencanaan pondasi yang mampu menopang gedung ?
5. Bagaimana perencanaan struktur gedung beton tahan gempa di Kota Surabaya?
6. Bagaimana merancang gambar teknik dari hasil modifikasi perancangan dan perhitungan struktur ?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan yang akan dicapai dari modifikasi perencanaan struktur gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun di Kota Surabaya, meliputi :

### **Tujuan Utama**

Perencanaan struktur gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun di Kota Surabaya menggunakan metode beton pracetak

### **Tujuan Detail**

1. Dapat merencanakan dimensi kolom, balok dan pelat pracetak yang efisien
2. Dapat merencanakan detailing penulangan pada elemen beton pracetak sesuai peraturan

3. Dapat merencanakan detailing sambungan pada elemen beton pracetak sesuai perturan
4. Dapat merencanakan pondasi yang mampu menopang gedung
5. Dapat merencanakan struktur gedung beton tahan gempa di Kota Surabaya
6. Dapat merancang gambar teknik dari hasil modifikasi perancangan dan perhitungan struktur .

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam perencanaan modifikasi gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun di Kota Surabaya ini adalah:

1. Perencanaan menggunakan teknologi beton pracetak (non-prategang) pada semua elemen struktur (kolom, pelat, balok induk, dan balok anak) kecuali dinding geser dan tangga menggunakan sistem cor setempat (cast in site).
2. Perencanaan tidak meninjau dari segi produksi beton pracetak, segi analisis anggaran biaya dan manajemen konstruksi.
3. Perencanaan tidak meninjau utilitas bangunan, mechanical, electrical, dan finishing.
4. Menggunakan program bantu SAP2000/ETABS, AutoCad dan PCACOL

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari perencanaan gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun di Kota Surabaya ini adalah :

1. Mampu merancang struktur gedung menggunakan metode pracetak yang memenuhi persyaratan keamanan konstruksi bangunan gedung.
2. Menambah wawasan penulis mengetahui perbandingan antara pembangunan gedung metode konvensional dengan metode pracetak.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Tinjauan pustaka ini akan membahas beberapa jurnal dan dasar teori menyangkut perencanaan Gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun secara umum dan dengan menggunakan beton pracetak secara khusus.

#### **2.2 Sistem Struktur Gedung**

Ada beberapa sistem struktur yang umum digunakan sebagai penahan gaya gempa pada perencanaan gedung. Sistem tersebut yaitu Sistem Dinding Struktural, Sistem Rangka Gedung, Sistem Rangka Pemikul Momen, dan Sistem Ganda. Pada Gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun digunakan sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan disertai dengan dinding geser beton bertulang biasa. Perencanaan struktur juga disesuaikan dengan zona gempa yang terjadi.

Struktur sistem ganda adalah gabungan antara rangka pemikul momen dan dinding geser (shear wall) yang dapat bekerja bersamaan dalam menahan beban gempa. Pada struktur ini, beban gravitasinya dipikul sepenuhnya oleh rangka pemikul momen, sedangkan beban lateralnya dipikul oleh rangka pemikul momen dan shear wall. Pada struktur sistem ganda diharapkan keduanya dapat mengalami defleksi lateral yang sama. Dengan sistem ini, perancangan struktur juga lebih ekonomis dikarenakan dimensi rangka utama dapat diperkecil oleh penggunaan shear wall. Jika pada sistem rangka pemikul momen semakin tinggi struktur gedung, semakin besar dimensi yang digunakan yang dapat menyebabkan kemampuan struktur lebih banyak menahan berat sendiri. Sedangkan pada sistem struktur ganda, semakin tinggi gedung, maka semakin tebal shear wall yang dibutuhkan.

Pemasangan shear wall dapat mengurangi simpangan antar tingkat gedung, hal ini terjadi karena besarnya kekakuan bangunan menjadi lebih besar dibandingkan bangunan gedung yang tidak menggunakan shear wall. Dengan adanya shear wall, dimensi rangka utama yaitu balok dan kolom dapat diperkecil.

### 2.3 Beton Pracetak

Sistem pabrikasi dalam pembuatan struktur beton bertulang dikenal dengan sistem pracetak. Definisi beton pracetak menurut SNI 2847:2013 adalah elemen struktur yang dicetak di tempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur. Perhitungan beton pracetak pada umumnya sama dengan perhitungan bangunan beton konvensional pada umumnya. Perbedaanannya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Perbandingan Sistem Konvensional Dengan Sistem Pracetak

Pembanding	Konvensional	Pracetak
Desain	Sederhana	Membutuhkan wawasan yang luas terutama yang ada kaitannya dengan fabrikasi, transportasi, pelaksanaan pemasangan komponen, sistem sambungan, dan sebagainya.
Bentuk dan ukuran	Efisien untuk bentuk bangunan yang tidak teratur	Efisien untuk bentuk bangunan yang tipikal dengan

	dan panjang bentang yang tidak sama	panjang bentang yang mengulang
Waktu pelaksanaan	Lebih lama	Lebih cepat, karena dapat dilaksanakan secara paralel sehingga hemat waktu 20-25%
Teknologi pelaksanaan	Konvensional	Butuh tenaga yang memiliki keahlian
Koordinasi pelaksanaan	Kompleks	Lebih sederhana, karena semua pengecoran elemen struktur pracetak telah dilakukan di pabrik.
Pengawasan atau kontrol kerja	Bersifat kompleks, serta dilakukan dengan cara terus menerus	Sifatnya lebih mudah karena telah dilakukan pengawasan oleh <i>quality control</i> di pabrik
Kondisi lahan	Butuh area yang relatif luas karena butuh adanya penimbunan material dan ruang gerak	Tidak memerlukan lahan yang luas untuk penyimpanan material selama proses pengerjaan konstruksi berlangsung, sehingga lebih

		bersih terhadap lingkungan
Kondisi cuaca	Banyak dipengaruhi oleh keadaan cuaca	Tidak dipengaruhi cuaca karena dibuat di pabrik
Ketepatan akurasi ukuran	Sangat tergantung keahlian pelaksana	Karena dilaksanakan di pabrik, maka ketepatan ukuran lebih terjamin
Kualitas	Sangat tergantung banyak faktor, terutama keahlian pekerja dan pengawasan	Lebih terjamin kualitasnya karena dikerjakan di pabrik dengan menggunakan sistem pengawasan pabrik

Sumber : M.Ali Affandi (2004)

## 2.4 Kontruksi Tahan Gempa

Menurut Perencanaan dari suatu struktur gedung pada daerah gempa haruslah memenuhi falsafah perencanaan gedung tahan gempa, yaitu:

- Bangunan dapat menahan gempa bumi kecil atau ringan tanpa mengalami kerusakan.
- Bangunan dapat menahan gempa bumi sedang tanpa kerusakan yang berarti pada struktur utama walaupun ada kerusakan pada struktur sekunder.
- Bangunan dapat menahan gempa bumi kuat tanpa mengalami keruntuhan total bangunan, walaupun bagian struktur utama sudah mengalami kerusakan.

## 2.5 Tinjauan Elemen Pracetak

Pembuatan beton pracetak dilakukan di lokasi proyek ataupun di luar lokasi proyek seperti pabrik. Agar elemen beton pracetak yang dibuat sesuai dengan yang direncanakan dan tidak mengalami kesulitan dalam proses fabrikasi, hendaknya perencana mengetahui macam-macam elemen struktur pracetak pada umumnya.

### 2.5.1 Pelat

Pelat merupakan struktur tipis yang dibuat dari beton dengan bidang yang arahnya horizontal dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Pada pelat beton pracetak, waktu pengangkutan atau sebelum komposit, beban yang bekerja adalah berat sendiri pelat, sedangkan beban total yang diterima oleh pelat terjadi pada saat pelat sudah komposit.

Dalam *PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete*, ada beberapa macam pelat pracetak (*precast slab*) yang umum diproduksi dan digunakan sebagai elemen pracetak, antara lain:

#### 1) Pelat Pracetak Berlubang (*Hollow Core Slab*)

Pelat ini merupakan pelat pracetak dimana ukuran tebal lebih besar dibanding dengan pelat pracetak tanpa lubang. Biasanya pelat tipe ini menggunakan kabel pratekan. Keuntungan dari pelat jenis ini adalah lebih ringan, tingkat durabilitas yang tinggi dan ketahanan terhadap api sangat tinggi. Pelat jenis ini memiliki lebar rata-rata 2 hingga 8 feet dan tebal rata-rata 4 inci hingga 15 inci. Ilustrasi pelat pada Gambar 2.1.

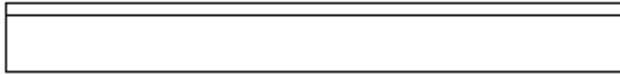


Gambar 2. 1 Pelat Pracetak berlubang (*Hollow Core Slab*)

(Sumber : *PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition* )

### 2) Pelat Pracetak tanpa Lubang (*Solid Slabs*)

Adalah pelat pracetak dengan tebal pelat lebih tipis dibandingkan pelat pracetak dengan lubang. Keuntungan dari penggunaan pelat ini adalah mudah dalam penumpukan karena tidak memakan banyak tempat. Pelat ini bisa berupa pelat pratekan atau beton bertulang biasa dengan ketebalan dan lebar yang bervariasi. Umumnya bentang dari pelat ini antara 5 hingga 35 feet. Pada perencanaan ini pelat yang digunakan adalah pelat pracetak tanpa lubang. Ilustrasi pelat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Pelat pracetak tanpa lubang (*Solid Slab*)

( Sumber : *PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition* )

### 3) Pelat Pracetak *Double T* dan *Single Tees*

Pelat ini berbeda dengan pelat yang sudah dijelaskan sebelumnya. Pada pelat ini ada bagian berupa dua buah kaki sehingga tampak seperti dua T yang terhubung. Ilustrasi pelat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Pelat pracetak (a) *Single Tee* dan (b) *Double Tees*

( Sumber : *PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition* )

## 2.5.2 Balok

Pada balok pracetak (*Precast Beam*), ada tiga jenis balok yang sering atau umum digunakan :

### 1) Balok berpenampang persegi (*Rectangular Beam*) :

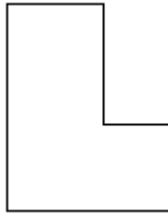
Keuntungan dari balok jenis ini adalah sewaktu fabrikasi lebih mudah dengan bekisting yang lebih ekonomis dan tidak perlu

memperhitungkan tulangan akibat cor sewaktu pelaksanaan. Ilustrasi balok pada Gambar 2.4.



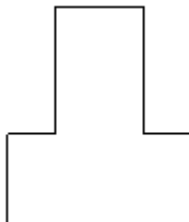
Gambar 2. 4 Balok Berpenampang Persegi ( *Rectangular Beam* )  
( Sumber : *PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition* )

2) Balok berpenampang L ( *L-Shaped Beam* ). Ilustrasi balok pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Balok Berpenampang L ( *L – Shaped Beam* )  
( Sumber : *PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition* )

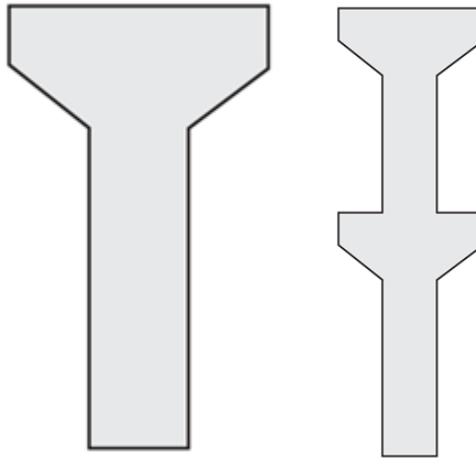
3) Balok berpenampang T terbalik ( *Inverted Tee Beam* ). Ilustrasi balok pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Balok T terbalik ( *Inverted Tee Beam* )  
( Sumber : *PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition* )

### 2.5.3 Kolom

Sebagai elemen struktur bangunan yang mempunyai fungsi meneruskan beban dari lantai-lantai di atasnya, dimana didominasi gaya normal yang bekerja maka secara teknis kolom dapat diproduksi secara pracetak. Jenis kolom beton yang dapat diproduksi secara pracetak tergantung dari ketinggian bangunan, metode *erection* yang akan digunakan, dan kemampuan angkat alat bantu/*crane*. Kolom pracetak dapat diproduksi tanpa menyambung atau dengan sambungan. Untuk bangunan ketinggian dibawah 30 meter, penggunaan kolom menerus masih dimungkinkan, sedangkan untuk yang di atas 30 meter sebaiknya digunakan kolom dengan sambungan (Ervianto,2016)



Gambar 2. 7 Penampang Kolom Pracetak  
( Sumber : *PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition* )

### 2.6 Dinding Geser

Dinding geser merupakan suatu elemen dinding beton bertulang yang dirancang untuk menahan geser, gaya lateral akibat gempa bumi. Dinding yang berfungsi sebagai pengaku yang meneruskan sampai ke pondasi ini juga merupakan dinding inti untuk



memperkaku seluruh bangunan yang dirancang untuk menahan gaya geser, gaya lateral akibat gempa bumi. Dinding geser pada umumnya bersifat kaku, sehingga deformasi (lendutan) horizontal menjadi kecil. Kategori dinding geser berdasarkan geometrinya, yaitu:

1. *Flexural wall* (dinding langsing), yaitu dinding geser yang memiliki rasio  $h_w/l_w \geq 2$ , di mana desain dikontrol oleh perilaku lentur.
2. *Squat wall* (dinding pendek), yaitu dinding geser yang memiliki rasio  $h_w/l_w \leq 2$ , di mana desain dikontrol oleh perilaku geser.
3. *Coupled shear wall* (dinding berangkai), di mana momen guling yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding, yang dihubungkan oleh balok-balok perangkai, sebagai gaya-gaya tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar pasangan dinding tersebut. (Imran, 2008)

Dinding Geser memiliki macam sebagai dinding geser tunggal serta dinding geser disusun membentuk *core*. Konsep perencanaan dinding geser mengacu kepada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013) dan pada elemen dinding geser ini menggunakan beton bertulang biasa dengan metode pracetak.

## 2.7 Perencanaan Sambungan

Proses penyatuan komponen-komponen struktur beton pracetak menjadi sebuah struktur bangunan yang monolit merupakan hal yang penting dalam pengaplikasian teknologi beton pracetak. Oleh karena itu, perencanaan sambungan harus diperhatikan sehingga tidak menyulitkan pada saat pelaksanaan.

Dalam teknologi beton pracetak, terdapat tiga macam sambungan yang umum digunakan. Sambungan tersebut ialah sambungan dengan cor di tempat (*in situ concrete joint*), sambungan dengan menggunakan las, dan sambungan dengan menggunakan baut. Masing-masing dari jenis sambungan tersebut

memiliki karakteristik serta kekurangan dan kelebihan sendiri-sendiri yang disajikan dalam Tabel 2.2. (Ervianto, 2006).

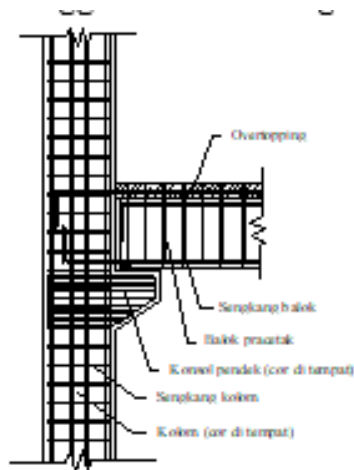
Tabel 2. 2 Perbedaan Metode Penyambungan

<b>Deskripsi</b>	<b><i>In-Situ Concrete Joints</i></b>	<b>Sambungan Baut dan Las</b>
Keutuhan struktur	Monolit	Tidak monolit
Waktu yang dibutuhkan agar sambungan dapat berfungsi secara efisien	Perlu <i>setting time</i>	Segera dapat berfungsi
Metode <i>erection</i> yang sesuai	<i>Horizontal method</i>	<i>Vertical method</i>
Jenis sambungan	Basah	Kering
Ketinggian bangunan	-	Max 25 meter
Waktu pelaksanaan	Lebi lama	Lebih cepat
Toleransi dimensi	Lebih tinggi	Rendah
Bentang dari struktur yang mampu didukung	Terbatas	Terbatas

Sumber : Ervianto (2006)

### 2.7.1 Sambungan dengan Cor Setempat

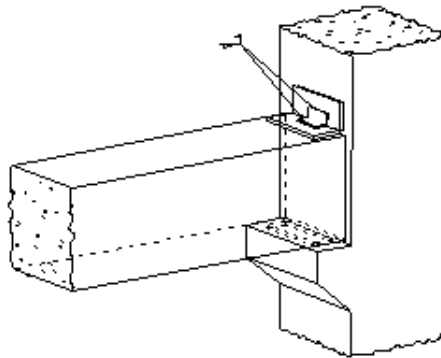
Sambungan ini merupakan sambungan dengan menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung / penghubung antar elemen beton baik antar pracetak ataupun antara pracetak dengan cor setempat. Elemen pracetak yang sudah berada di tempatnya akan di cor bagian ujungnya untuk menyambungkan elemen satu dengan yang lain agar menjadi satu kesatuan yang monolit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8. Sambungan jenis ini disebut dengan sambungan basah. Sambungan jenis ini sering diterapkan dalam pelaksanaan konstruksi, karena tergolong mudah dalam pelaksanaannya. Selain itu sambungan ini dapat membuat bangunan menjadi lebih kaku dibanding menggunakan sambungan jenis lain. Dalam modifikasi ini akan direncanakan menggunakan sambungan cor setempat



Gambar 2. 8 Sambungan dengan Cor Setempat

### 2.7.2 Sambungan dengan Las

Alat sambung jenis ini menggunakan pelat baja yang ditanam dalam beton pracetak yang akan disambung. Kedua pelat ini selanjutnya disambung atau disatukan dengan bantuan las seperti Gambar 2.9. Melalui pelat baja inilah gaya-gaya yang akan diteruskan ke komponen yang terkait. Setelah pekerjaan pengelasan, dilanjutkan dengan menutup pelat sambung tersebut dengan adukan beton yang bertujuan untuk melindungi pelat dari korosi.

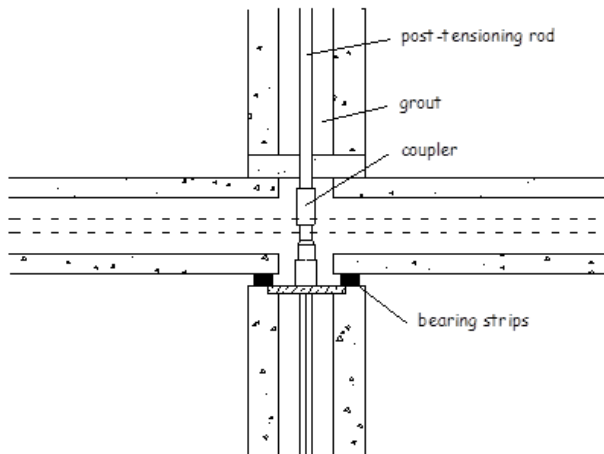


Gambar 2. 9 Sambungan dengan Las

Umumnya, pada pertemuan balok dan kolom, ujung balok di dukung oleh *corbels* atau biasa disebut dengan konsol yang menjadi satu dengan kolom. Penyatuan antara dua komponen tersebut menggunakan las yang dilaksanakan pada pelat baja yang tertanam dengan balok dengan pelat baja yang telah disiapkan pada sisi kolom.

### 2.7.3 Sambungan dengan Baut

Penyambungan cara ini diperlukan pelat baja di kedua elemen betok pracetak yang akan disatukan. Kedua komponen tersebut disatukan melalui pelat tersebut dengan alat sambung berupa baut dengan kuat tarik tinggi, seperti pada Gambar 2.10. Selanjutnya pelat sambung tersebut dicor dengan adukan beton, guna melindungi dari korosi.



Gambar 2. 10 Sambungan dengan Menggunakan Baut

## 2.8 Titik – Titik Angkat dan Sokongan

### 2.8.1 Pengangkatan Pelat Pracetak

Pemasangan pelat pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkut dalam perjalanan menuju lokasi proyek. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak. Pada saat pengangkatan elemen pracetak, dapat menggunakan bantuan balok angkat yang berfungsi untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini:

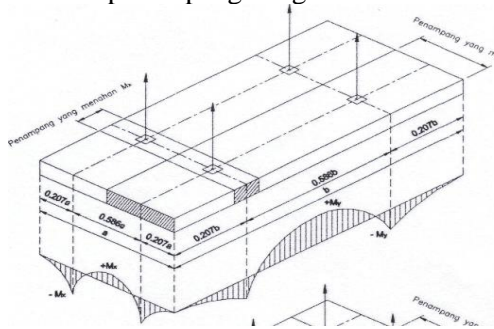
#### a. Dua Titik Angkat

Seperti terlihat pada Gambar 2.10, maksimum momen (pendekatan):

$$+M_x = -M_y = 0,0107 \cdot w \cdot a^2 \cdot b$$

$$+M_y = -M_x = 0,0107 \cdot w \cdot a \cdot b^2$$

- $M_x$  ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan  $15t$  atau  $b/2$
- $M_y$  ditahan oleh penampang dengan lebar  $a/2$



Gambar 2. 11 Posisi Titik Angkat Pelat (4 buah titik angkat)  
( Sumber : *PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition* )

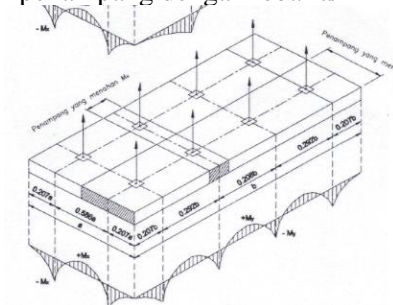
b. Empat Titik Angkat

Seperti terlihat pada Gambar 2.12., maksimum Momen (pendekatan) :

$$+M_x = -M_y = 0,0054 \cdot w \cdot a^2 \cdot b$$

$$+M_y = -M_x = 0,0027 \cdot w \cdot a \cdot b^2$$

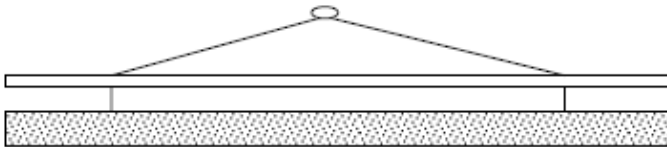
- $M_x$  ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan  $15t$  atau  $b/4$
- $M_y$  ditahan oleh penampang dengan lebar  $a/2$



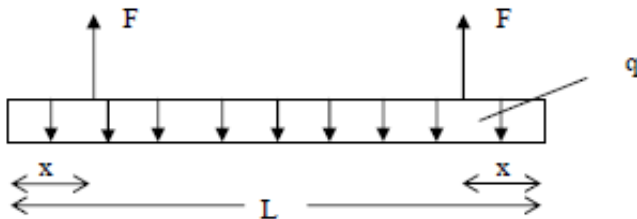
Gambar 2. 12 Posisi Titik Angkat Pelat ( 8 buah titik angkat)  
( Sumber : *PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition* )

### 2.8.2 Pengangkatan Balok / Kolom Pracetak

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok pracetak untuk dipasang pada tumpuannya (Gambar 2.13). Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angker pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan seperti pada Gambar 2.14. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angker pengangkatan (*lifting anchor*) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.

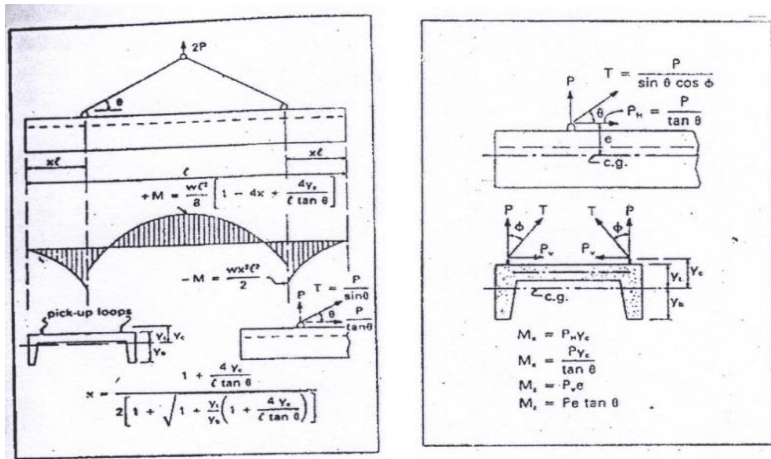


Gambar 2. 13 Pengangkatan Balok / Kolom pracetak



Gambar 2. 14 Model Pembebanan Balok Pracetak saat Pengangkatan

Balok pracetak harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok dari kerusakan. Titik pengangkatan balok dapat dilihat pada Gambar 2.15 serta angka pengali pada Tabel 2.3.



Gambar 2. 15 Titik – Titik Angkat dan Sokongan Sementara untuk Produk Pracetak Balok

( Sumber : *PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition* )

Tabel 2. 3 Angka Pengali Beban Statis Ekuivalen untuk Menghitung Gaya Pengangkatan dan Gaya Dinamis

Pengangkatan dari bekisting	1,7
Pengangkatan ke tempat penyimpanan	1,2
Transportasi	1,5
Pemasangan	1,2



## 2.9 Detail Penulangan

### 2.9.1 Penyaluran Tulangan dalam Tarik

Menurut SNI 2847:13, pasal 12.2.2 adalah sebagai berikut :

$$l_{d(\min)} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Untuk } D \leq 19 \text{ mm : } l_d = \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

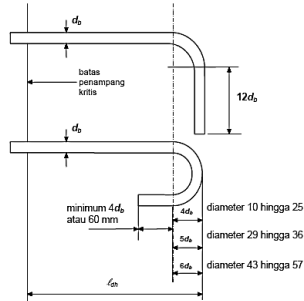
$$\text{Untuk } D \geq 22 \text{ mm : } l_d = \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

Tabel 2. 4 Faktor Pengali Penyaluran Tulangan Tarik

$\psi_t$ = faktor lokasi penulangan	
Tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300mm beton segar dicor dibawah panjang penyaluran atau sambungan	1,3
Situasi lain	1,0
$\psi_e$ = faktor pelapis	
Batang atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari $3d_b$ atau spasi bersih kurang dari $6d_b$	1,5
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi lainnya	1,2
Tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (digalvanis)	1,0
$\psi_s$ = faktor ukuran batang tulangan	
Batang D-19 atau lebih kecil atau kawat ulir	0,8
Batang D-22 dan yang lebih besar	1,0
$\lambda$ = faktor agregat ringan	
Apabila $f_{ct}$ ditetapkan	0,75
Beton normal	1,0

Sumber :

## 2.9.2 Penyaluran Tulangan dalam Tarik



Gambar 2. 16 Detail Kaitan untuk Penyaluran kait Standar  
( Sumber : *PCI Design Handbook 6<sup>th</sup> Edition* )

Menurut SNI 2847:13, pasal 12.5.2 adalah sebagai berikut:

$$l_{h(\min)} = 8d_b \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang penyaluran dasar } \ell_{dh} = \left( 0,24 \Psi_e f_y / \lambda \sqrt{f'_c} \right) / d_b$$

Tabel 2. 5 Faktor Pengali Penyaluran Tulangan Berkat dalam Tarik

Kondisi	Faktor
Selimut Beton , batang D-36 dan yang lebih kecil dengan tebal selimut samping (normal terhadap bidang kait) tidak kurang dari 60 mm dan untuk kait 90o dengan tebal selimut terhadap kait tidak kurang dari 50 mm	0,70
Senggang, batang D-36 dan yang lebih kecil yang secara vertikal atau horisontal dilindungi oleh senggang yang dipasang sepanjang $l_{dh}$ dengan spasi tidak lebih dari 3db	0,80

Untuk kait 180 derajat dari batang tulangan D-36 dan yang lebih keil yang dilingkupi dalam atau sengkang tegak lurus terhadap tulangan yang disalurkan tidak lebih besar dari $3d_b$	0,80
--	------

## 2.10 Metode Konstruksi Sistem Pracetak

Dalam pelaksanaan suatu konstruksi yang menggunakan beton pracetak, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

### 2.10.1 Kegiatan pada Proses Produksi

Serangkaian kegiatan yang dilakukan pada proses produksi:

1. Pembuatan rangka tulangan
2. pembuatan cetakan
3. Pembuatan campuran beton
4. Pengecoran beton
5. Perawatan (*curing*)
6. Penyempurnaan akhir dan penyimpanan

### 2.10.2 Transportasi dan Alat Angkut

Transportasi adalah pengangkatan elemen pracetak dari pabrik ke lokasi pemasangan. Sistem transportasi berpengaruh terhadap waktu, efisiensi konstruksi dan biaya transportasi. Yang perlu diperhatikan dalam sistem transportasi adalah:

1. Spesifikasi alat transportasi
2. Rute transportasi
3. Perijinan

Alat angkat yaitu memindahkan elemen dari tempat penumpukan ke posisi penyambungan (perakitan). Peralatan angkat untuk memasang beton pracetak dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Keran mobile
2. Keran teleskopis
3. Keran menara
4. Keran portal

### 2.10.3 Pelaksanaan Konstruksi (Ereksi)

Metode dan jenis pelaksanaan konstruksi precast diantaranya adalah :

1. Dirakit per elemen

2. *Lift - Slab System*

*Lift - Slab System* adalah pengikatan elemen lantai ke kolom dengan menggunakan dongkrak hidrolis. Prinsip konstruksinya sebagai berikut :

- Lantai menggunakan plat-plat beton bertulang yang dicor pada lantai bawah
- Kolom merupakan penyalur beban vertical dapat sebagai elemen pracetak atau cor di tempat.
- Setelah lantai cukup kuat dapat diangkat satu persatu dengan dongkrak hidrolis.

3. *Slip - Form System*

Pada system ini beton dituangkan diatas cetakan baja yang dapat bergerak memanjat ke atas mengikuti penambahan ketinggian dinding yang bersangkutan

4. *Push - Up / jack - Block System*

Pada system ini lantai teratas atap di cor terlebih dulu kemudian diangkat ke atas dengan hidranlic – jack yang dipasang di bawah elemen pendukung vertical.

5. *Box System*

Konstruksi menggunakan dimensional berupa modul-modul kubus beton.

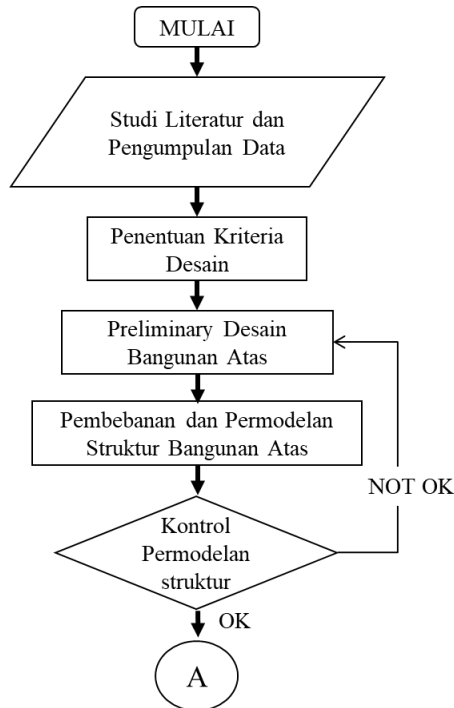
## BAB III

### METODOLOGI

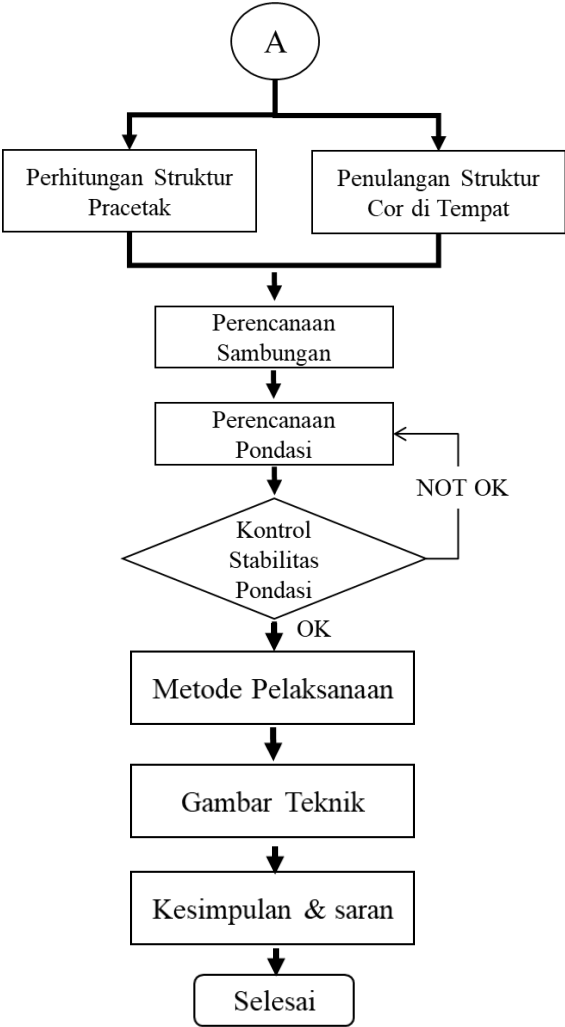
#### 3.1 Umum

Perencanaan Gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun Surabaya menggunakan metode beton pracetak tentunya harus memiliki susunan pengerjaan sesuai dengan urutan kegiatan yang akan dilakukan. Urutan pelaksanaan dimulai dari pengumpulan data sampai gambar teknik pada akhirnya..

#### 3.2 Bagan Alir Perencanaan



Gambar 3. 1 Diagram Alir Perencanaan



Gambar 3. 2 Diagram Alir Perencanaan (lanjutan)

### 3.3 Studi Literatur dan Pengumpulan Data

1. Data Umum
  - Nama gedung : Rumah Susun Tambak Osowilangun
  - Lokasi : Tambak Osowilangun, Surabaya
  - Fungsi : Hunian
  - Jumlah lantai : 16
  - Tinggi bangunan :  $\pm 56,25$  m
  - Total luas area :  $\pm 837,5675$  m<sup>2</sup>
  - Struktur utama : Struktur beton bertulang
  - Atap : beton bertulang
2. Data Bahan
  - Kekuatan tekan beton ( $f_c'$ ) : - Mpa
  - Kekuatan leleh baja ( $f_y$ ) : - Mpa
  - Data tanah : (Lampiran)
3. Data Gambar
  - Gambar struktur : (Lampiran)
  - Gambar arsitektur : -

Bangunan gedung tersebut akan dimodifikasi menggunakan metode beton pracetak dan data bangunan yang direncanakan sebagai berikut :

1. Data Umum
  - Nama gedung : Rumah Susun Tambak Osowilangun
  - Lokasi : Tambak Osowilangun, Surabaya
  - Fungsi : Hunian
  - Jumlah lantai : 16
  - Tinggi bangunan :  $\pm 56,25$  m
  - Total luas area :  $\pm 837,5675$  m<sup>2</sup>
  - Struktur utama : Struktur beton Pracetak
  - Atap : Beton Pracetak

2. Data Bahan
  - Kekuatan tekan beton ( $f_c'$ ) : 35 Mpa
  - Kekuatan leleh baja ( $f_y$ ) : 420 Mpa
  - Data tanah : (Lampiran)
3. Data Gambar
  - Gambar struktur : (Lampiran)
  - Gambar arsitektur : -

Beberapa literatur serta peraturan gedung tersebut antara lain :

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung ( SNI 03-2847-2013 )
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung ( SNI 03-1726-2012 )
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung (RSNI 03-1727-2013)
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)
- PCI Handbook 6th Edition. Precast and Prestress Concrete

### 3.4 Penentuan Kriteria Desain

Metode pracetak dipilih karena konfigurasi struktur gedung adalah beraturan dan tipikal pada setiap lantainya. Sedangkan dalam pemilihan sistem struktur digunakan Sistem Ganda Dengan Rangka Pemikul Momen Khusus yang Mampu Menahan Paling Sedikit 25% Gaya Gempa yang Ditetapkan.

- Rangka Momen Khusus yang Dibangun Dengan Menggunakan Sistem Pracetak ( SNI 2847:2013 pasal 21.5 - 21.8 )
- Dinding Geser Beton Bertulang Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.9)



### 3.5 Preliminary Desain Bagunan Atas

Pada *preliminary design* ini akan menentukan dimensi elemen struktur gedung untuk digunakan dalam tahap perancangan selanjutnya.

#### 3.5.1 Perencanaan Dimensi Pelat

Dalam menentukan dimensi pelat langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan terlebih dahulu apakah pelat tergolong pelat satu arah (*one-way slab*) atau pelat dua arah (*two-way slab*).
2. Tebal minimum pelat satu arah (*one-way slab*) menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 (tabel 9.5(a)), sedangkan untuk pelat dua arah menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1
3. Dimensi pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi :
  - a) Untuk  $\alpha_m$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.2
    1. Tebal pelat tanpa penebalan 120 mm
    2. Tebal pelat dengan penebalan 100 mm
  - b) Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

(SNI 2847:2013, persamaan 9-12)

- c) Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

(SNI 2847:2013, persamaan 9-13)

Di mana :

$\beta$  = rasio dimensi panjang terhadap pendek

$\alpha_m$  = nilai rata - rata dari  $\alpha_f$  untuk semua balok pada tepi dari suatu panel

### 3.5.2 Perencanaan Dimensi Balok Induk

Tabel minimum balok non-prategang apabila nilai lendutan tidak dihitung dapat dilihat pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.1 tabel 9.5(a). Nilai pada tabel tersebut berlaku apabila digunakan langsung untuk komponen struktur beton normal dan tulangan dengan mutu 420 MPa.

$$h_{min} = \frac{L}{16} \quad \text{digunakan apabila } f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$h_{min} = \frac{L}{16} \left( 0,4 - \frac{f_y}{700} \right) \quad \text{digunakan untuk } f_y \text{ selain } 420 \text{ MPa}$$

$$h_{min} = \frac{L}{16} (1,65 - 0,003w_c) \quad \text{digunakan untuk nilai } w_c \text{ 1440 sampai } 1840 \text{ kg/m}^3$$

Di mana:

b	= Lebar balok
h	= Tinggi balok
Lb	= Panjang balok

### 3.5.3 Perencanaan Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi ( $\phi$ ) dapat ditentukan.

$$A = \frac{W}{\phi \times f_c'}$$

Di mana,

W	= Beban aksial yang diterima kolom
$f_c'$	= Kuat tekan beton karakteristik
A	= Luas penampang kolom

### 3.5.4 Perencanaan Dimensi Balok Anak

Untuk penentuan dimensi balok anak perhitungan sama dengan perhitungan balok induk.

### 3.5.5 Perencanaan Tangga

Perencanaan desain awal tangga mencari lebar dan tinggi injakan.

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm}$$

Di mana :  $t$  = tinggi injakan

$i$  = lebar injakan

$\alpha$  = sudut kemiringan tangga(  $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$  )

Untuk penulangan tangga,perhitungan penulangan pelat bordes dan pelat dasar tangga dilakukan sama dengan perencanaan tulangan pelat dengan anggapan tumpuan sederhana (sendi dan rol). Perencanaan tebal tangga ditentukan sesuai ketentuan dalam perhitungan dimensi awal pelat.

### 3.5.6 Perencanaan Lift

Lift merupakan alat transportasi manusia dari satu lantai ke lantai lain dalam sebuah gedung. Perencanaan lift disesuaikan dengan jumlah lantai dan perkiraan jumlah penggunaan lift. Dalam perencanaan lift, metode perhitungan yang dilakukan merupakan analisis terhadap konstruksi ruang tempat lift dan balok penggantung katrol lift.

Ruang landasan diberi kelonggaran (*pit lift*) supaya pada saat lift mencapai lantai paling bawah, lift tidak membentur dasar landasan, di samping itu berfungsi menahan lift apabila terjadi kecelakaan, misalnya saat tali putus. Perencanaan ini meliputi perencanaan balok penumpu depan, penumpu belakang, dan balok penggantung lift.

### 3.5.7 Perencanaan Struktur Atap

Konstruksi atap direncanakan berfungsi sebagai pelindung komponen yang ada di bawahnya dalam gedung ini melindungi mesin *elevator*. Atap direncanakan hanya sebagai beban bagi konstruksi utama sehingga dalam perhitungannya dilakukan secara terpisah.

### 3.6 Pembebanan dan Permodelan Struktur Bangunan Atas

Beban yang bekerja pada suatu struktur ada beberapa jenis menurut karakteristik, yaitu beban statis dan beban dinamis. Berikut ini akan menjelaskan lebih detail mengenai pembebanan sesuai dengan ketentuan berdasarkan RSNI 03-1726-2012 dan ketentuan SNI 03-2847-2013

#### 1) Beban Statis

Beban Mati berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 ( PPIUG 1983 ) yang tertera pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Beban Mati pada Struktur

Beban mati	Besar beban
Batu alam	2600 kg/m <sup>2</sup>
Beton bertulang	2400 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan 1/2 bata	250 kg/m <sup>2</sup>
Kaca setebal 12 mm	30 kg/m <sup>2</sup>
Langit-langit + penggantung	18 kg/m <sup>2</sup>
Lantai ubin semen portland	24 kg/m <sup>2</sup>
Spesi per cm tebal	21 kg/m <sup>2</sup>

Beban Hidup berdasarkan hidup RSNI 03-1727-2012

Tabel 4.1

Tabel 3. 2 Beban Hidup pada Struktur

Beban hidup lantai bangunan	Besar beban
Lantai perkantoran / restoran	250 kg/m <sup>2</sup>
Lantai ruang-ruang balkon	400 kg/m <sup>2</sup>
Tangga dan bordes	300 kg/m <sup>2</sup>
Lantai Ruang alat dan mesin	400 kg/m <sup>2</sup>
Beban pekerja	100

## 2) Beban Gempa

Analisa beban gempa bedasarkan SNI 03-1726-2012 meliputi :

- Penentuan respon spektrum, penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada gambar 9 dan 10 SNI-03-1726-2012
- Respon seismik ( $C_s$ )

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left( \frac{R}{I_e} \right)} \quad (\text{Persamaan 7.8-2 SNI 1726:2012})$$

Dimana :

$S_{DS}$  = percepatan spektrum respons disain dalam rentan periode pendek

$R$  = faktor modifikasi respons dalam tabel 7.2-1 (SNI 03-1726-2012)

$I_e$  = faktor keutamaan hunian yang ditentukan sesuai dengan Tabel 6.4

nilai  $C_s$  max tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)}$$

- Gaya geser dasar dan gaya seismik lateral  
 $V = C_s \times W$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

dimana :

$C_s$  = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1.1

$W$  = berat seismik efektif menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 7.7.2

### 3) **Beban Angin (*Wind Load / WL*)**

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 :

- Untuk struktur rangka ruang dengan penampang melintang berbentuk bujursangkar dengan arah angin  $45^\circ$  terhadap bidang-bidang rangka, koefisien angin untuk kedua bidang rangka di pihak angin masing-masing 0,65 (tekan) dan untuk kedua rangka di belakang angin masing-masing 0,5 (isap)
- Kecuali itu, masing-masing rangka harus diperhitungkan terhadap beban angin yang bekerja dengan arah tegak lurus pada salah satu bidang rangka, koefisien angin untuk rangka pertama di pihak angin adalah 1,6 (tekan) dan untuk rangka kedua di belakang angin adalah 1,2 (isap)
- Untuk atap segitiga majemuk, untuk bidang-bidang atap di pihak angin dengan  $\alpha < 65^\circ$  koefisien  $(0,2\alpha - 0,4)$  (tekan), dan untuk semua bidang atap di belakang angin untuk semua  $\alpha$  adalah 0,4 (isap)

- Tekanan tiup (beban angin) di laut dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum  $40 \text{ kg/m}^2$

### 3.6.1 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1

- 1)  $U = 1,4 D$
- 2)  $U = 1,2 D + 1,6 L$
- 3)  $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$
- 4)  $U = 1,0 D + 1,0 L$
- 5)  $U = 0,9 D \pm 1,0 E$

Keterangan :

U : beban ultimate

D : beban mati

L : beban hidup

E : beban gempa

### 3.6.2 Permodelan Struktur

Saat pemasangan dan akhir konstruksi (setelah diberi topping) balok dimodelkan sebagai balok sederhana di atas dua tumpuan. Pelat dimodelkan sebagai beban yang dipikul oleh elemen balok. Pada saat pemasangan distribusi beban adalah setengah dari kiri dan setengah dari kanan. Sedangkan pada akhir konstruksi distribusinya berupa beban segitiga ataupun trapesium. Permodelan Struktur menggunakan program bantu SAP2000/ETABS.

## 3.7 Kontrol Permodelan Struktur

Model harus memenuhi beberapa kriteria dibawah agar gaya gempa yang terjadi pada model dapat digunakan untuk perhitungan perencanaan.

### 3.7.1 Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai SNI 1726-2002 pasal 7.9.1 : Partisipasi Massa  $\leq 90\%$ . Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa actual dalam masing-masing arah horizontal orthogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

### 3.7.2 Kontrol Periode Fundamental Struktur

Sesuai SNI 1726-2002 pasal 7.8.2 :  $T_a \leq T \leq C_u \times T_a$ . Periode fundamental struktur,  $T$ , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur,  $T$ , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dari Tabel 14 dan periodan fundamental pendekatan,  $T_a$ , yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.2.1. Sebagai alternative pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur,  $T$ , diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan,  $T_a$ , yang dihitung sesuai dengan pasal 7.8.2.1

$$T_a = C_t \times h n^x$$

Keterangan:

$h n$  = ketinggian struktur (m)

$C_t$  = koefisien yang ditentukan dari Tabel 15

$x$  = koefisien yang ditentukan dari Tabel 15

Tabel 3. 3 Koefisien  $C_u$

Parameter percepatan respons spectral desai pada 1 detik, $SDI$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,15$	1,7



Tabel 3. 4 Koefisien  $C_t$  dan  $x$ 

Tipe Struktur	$C_t$	$x$
Rangka Baja Pemikul Momen	0,0724	0,8
Rangka Beton Pemikul Momen	0,0466	0,9
Rangka Baja dengan Bresing Eksentris	0,0731	0,75
Rangka Baja dengan Bresing Terkekang Terhadap Tekuk	0,0731	0,75
Semua Sistem Struktur Lainnya	0,0488	0,75

### 3.7.3 Kontrol Skala Gaya Dinamis

Sesuai SNI 1726-2002 pasal 7.9.4.1 : Gaya Dinamis  $\geq 85\%$  Gaya Statis. Bila Perioda fundamental yang dihitung melebihi  $C_u T_a$ , maka  $C_u T_a$  harus digunakan sebagai pengganti dari  $T$  dalam arah itu. Kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan  $0,85 V/V_t$ .

### 3.7.4 Kontrol Drift (Defleksi Bangunan)

Sesuai SNI 1726-2002 pasal 7.8.6 : Defleksi tiap lantai  $\geq$  Defleksi ijin. Penentuan Simpangan antar lantai tingkat desain harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa terletak tidak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertika dari pusat massa tingkat diatasnya. Jika desain tegangan ijin digunakan, defleksi harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan yang ditetapkan tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin.

## 3.8 Analisa Struktur

### 3.8.1 Perhitungan Gaya Dalam

Analisis struktur dilakukan untuk mendapatkan gaya dalam yang selanjutnya digunakan untuk merancang elemen dan

sambungan pada struktur. Perhitungan gaya-gaya dalam struktur utama menggunakan bantuan program SAP2000/ETABS. Adapun hal-hal yang diperhatikan dalam analisa struktur ini antara lain:

- Bentuk gedung
- Dimensi elemen-elemen struktur dari *preliminary design*
- Wilayah gempa
- Pembebanan struktur dan kombinasi pembebanan

### 3.9 Perencanaan Penulangan Struktur

#### 3.9.1 Perencanaan Penulangan Balok

##### 3.9.1.1 Perhitungan Penulangan Lentur Balok

Tahapan yang digunakan dalam menentukan tulangan lentur balok adalah sebagai berikut:

1. Menentukan data-data  $d$ ,  $f_y$ ,  $f'_c$ , dan  $\mu$
2. Menentukan harga  $\beta_1$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)

3. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$\rho_b = \frac{0.85\beta_1 f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2)

$$\rho < 0.025$$

SNI 2847:2013 pasal (21.5.2.1)

$$\rho < 0.75\rho_b$$

SNI 2847:2013 lampiran B (10.3.3)

$$\rho_{\min} = \frac{0.25x\sqrt{f'c}}{f_y}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y}$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)

Dari kedua harga  $\rho_{\min}$  tersebut, diambil harga yang terbesar sebagai yang menentukan.

4. Menentukan harga  $m$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'c'}$$

5. Menentukan  $R_n$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b d^2}$$

Diketahui harga  $\phi$  ditentukan

(SNI 2847:2013 pasal 9.3)

6. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2xmR_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$$

7. Menentukan luas tulangan ( $A_s$ ) dari  $\rho$  yang didapat

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} \quad \longrightarrow \quad A_s = \rho \times b \times d$$

8. Menentukan jumlah tulangan

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2}$$

9. Menghitung jarak tulangan

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{b - n \times \phi L - 2d' - 2\phi S}{n - 1}$$

### 3.9.1.2 Perhitungan Penulangan Geser Balok

Perencanaan penampang geser harus didasarkan sesuai SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-1 yaitu harus memenuhi  $\phi V_n \geq V_u$ ,

Di mana :

- $V_n$  = kuat geser nominal penampang
- $V_u$  = kuat geser terfaktor pada penampang
- $\phi$  = reduksi kekuatan untuk geser = 0,75

Kuat geser nominal dari penampang merupakan sumbangan kuat geser beton ( $V_c$ ) dan tulangan ( $V_s$ )

$$V_n = V_c + V_s$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-2)

Dan untuk

$$V_c = 0,17 \alpha \sqrt{f'} c b_w d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1 persamaan 11-3)

Perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada :

$$\phi V_n \geq V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1)

Di mana :

- $V_u$  = geser terfaktor pada penampang yang ditinjau
- $V_n$  = Kuat geser nominal
- $V_c$  = Kuat geser beton
- $V_s$  = Kuat geser nominal tulangan geser

### 3.9.1.3 Kontrol Torsi

Pengaruh torsi harus diperhitungkan apabila:

$$T_u \leq \frac{\phi \sqrt{f'c}}{12} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}^2} \right)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1)

Perencanaan penampang terhadap torsi:

$$T_u \leq \phi T_n$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.5 pers.11-20)

Tulangan sengkang untuk puntir:

$$T_n = \frac{2 \cdot A_0 \cdot A_t \cdot f_y}{s} \cot \theta$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.6 pers.11-21)

Di mana:

$T_u$  = Momen torsi terfaktor

$T_n$  = Kuat momen torsi

$T_c$  = Kuat torsi nominal yang disumbang oleh beton

$T_s$  = Kuat momen torsi nominal tulangan geser

$A_0$  = Luas yang dibatasi oleh lintasan aliran geser  
mm<sup>2</sup>

### 3.9.1.4 Titik Pengangkatan pada Balok Pracetak

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok pracetak untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah beban dari berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat pada balok. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



Tabel 3. 5 Angka pengali beban statis ekivalen untuk menghitung gaya pengangkatan dan gaya dinamis

Pengangkatan dari bekisting	1,7
Pengangkatan ke tempat penyimpanan	1,2
Transportasi	1,5
Pemasangan	1,2

(Sumber : *PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete 6th Edition*)

### 3.9.2 Perencanaan Penulangan Kolom

Detail penulangan kolom akibat beban aksial tekan harus sesuai SNI 2847:2013 Pasal 21.3.5.1. Sedangkan untuk perhitungan tulangan geser harus sesuai dengan SNI 2847:-2013 Pasal 23.5.1.

#### 3.9.2.1 Titik Pengangkatan pada Kolom Pracetak

Pemasangan kolom harus diperhatikan bahwa kolom akan mengalami proses pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat kolom dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk saat proses transportasi. Perencanaan titik pengangkatan pada kolom sama halnya dengan perencanaan titik angkat pada balok pracetak, mengacu pada *PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete 6th Edition*.

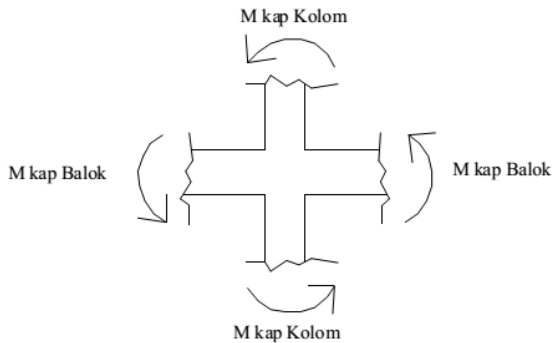
### 3.9.3 Persyaratan Strong Column Weak Beam

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa.

$$\sum Mn_c \geq (1,2) \times \sum Mn_b$$

Di mana  $\sum M_{nc}$  adalah momen kapasitas kolom dan  $\sum M_{nb}$  merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa  $M_{nc}$  harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang

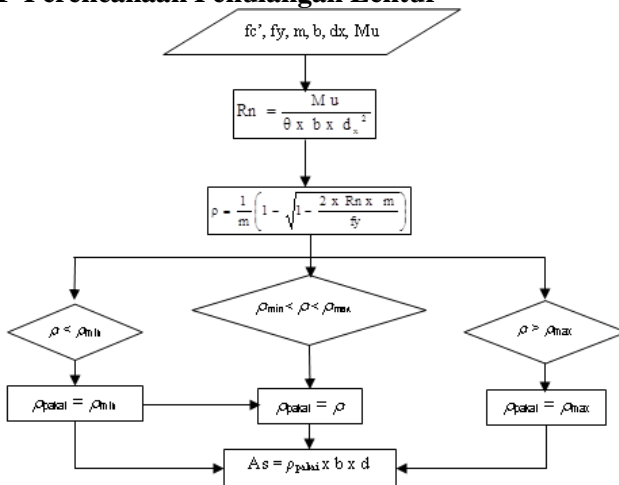
dipakai untuk memeriksa syarat *strong column weak beam*. Setelah kita dapatkan jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol kapasitas kolom tersebut agar memenuhi persyaratan *strong column weak beam*. Dengan penjelasan ilustrasi pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 6 Ilustrasi kuat momen yang bertemu di hubungan balok kolom

### 3.9.4 Perencanaan Penulangan Pelat

#### 3.9.4.1 Perencanaan Penulangan Lentur



Gambar 3. 7 Diagram alir perhitungan tulangan lentur pelat.



### 3.9.4.2 Perencanaan Penulangan Susut

Kebutuhan tulangan susut diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1.

### 3.9.4.3 Kontrol Retak Tulangan

Untuk menghindari retak-retak beton di sekitar baja tulangan, maka penggunaan tulangan lentur dengan kuat leleh melebihi 300 MPa perlu dilakukan kontrol terhadap retak sesuai SNI 2847:2013, Pasal 10.6.4.

dengan :

$$Z = f_s \sqrt[3]{d_c A}$$

Di mana:

$Z \leq 30.000$  N/mm untuk penampang dalam ruangan,

$Z \leq 25.000$  N/mm untuk di luar ruangan,

$f_s$  = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada kondisi beban kerja, boleh diambil sebesar 0,60  $f_y$  (MPa)

$d_c$  = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan atau kawat yang terdekat (mm)

$$A = \frac{2d_c b}{n}$$

$A$  = Luas efektif beton tarik di sekitar tulangan lentur tarik dibagi dengan jumlah  $n$  batang tulangan atau kawat ( $\text{mm}^2$ )

### 3.9.4.4 Titik Pengangkatan pada Pelat Pracetak

Pemasangan pelat pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkatan dalam proses transportasi kondisi yang demikian menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak. Pada proses pengangkatan dapat menggunakan bantuan balok angkat yang memiliki kegunaan untuk menyeimbangkan elemen

pracetak pada saat pengangkatan. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini :

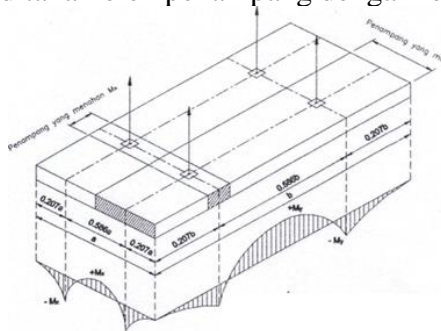
a. Dua Titik Angkat

Maksimum Momen (pendekatan) :

$$+M_x = -M_y = 0,0107 w a^2 b$$

$$+M_y = -M_x = 0,0107 w a b^2$$

- $M_x$  ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan  $15t$  atau  $b/2$
- $M_y$  ditahan oleh penampang dengan lebar  $a/2$



Gambar 3. 8 Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)

(Sumber : *PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete 6<sup>th</sup> Edition*)

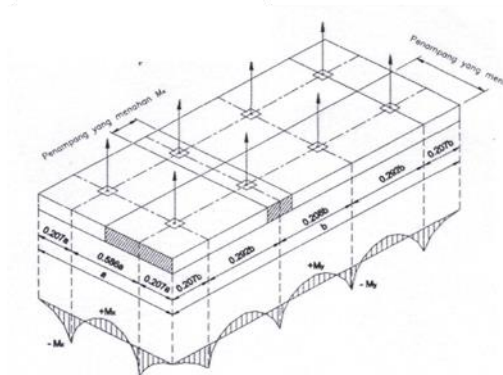
b. Empat Titik Angkat

Maksimum Momen (pendekatan) :

$$+M_x = -M_y = 0,0054 w a^2 b$$

$$+M_y = -M_x = 0,0027 w a b^2$$

- $M_x$  ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan  $15t$  atau  $b/4$
- $M_y$  ditahan oleh penampang dengan lebar  $a/2$



Gambar 3. 9 Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat)  
(Sumber : *PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete*  
*6<sup>th</sup> Edition*)

### 3.9.5 Perencanaan Struktur Dinding Geser

#### 3.9.5.1 Kuat Aksial Rencana

Dihitung berdasarkan (SNI 03-2847-2013 pasal 14.5.2)

$$\phi P_{nw} = 0,55 \phi f' c . A_g \left[ 1 - \left( \frac{k . I_c}{32h} \right)^2 \right]$$

#### 3.9.5.2 Pemeriksaan Tebal Dinding

Tebal dinding dianggap cukup bila memenuhi (SNI 03-2847-2013, pasal 11.9.3.)

$$\phi x V_n = \phi \frac{5}{6} x \sqrt{f' c} . h . d \geq V_u$$

Dimana :  $d = 0,8 I_w$

#### 3.9.5.3. Kuat Geser Beton

Dihitung Menurut SNI 03-2847-2013, pasal 11.9.6

#### 3.9.5.4. Kuat Penulangan Geser

Penulangan geser dihitung berdasarkan (SNI 03-2847-2013, pasal 13.9.8.)

#### 3.9.5.5. Penulangan Geser Horizontal

Dihitung berdasarkan pada (SNI 03-2847-2013, pasal 11.9.9)

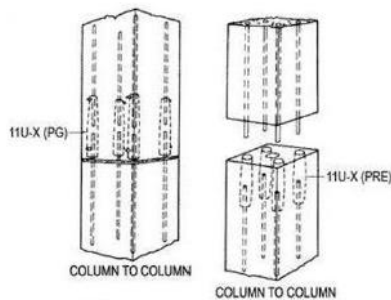
#### 3.9.5.6. Penulangan Geser Vertikal

Dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002, pasal 11.9.9.4

### 3.10 Perencanaan Sambungan

#### 3.10.1 Sambungan Base Plate – Kolom / Kolom - Kolom

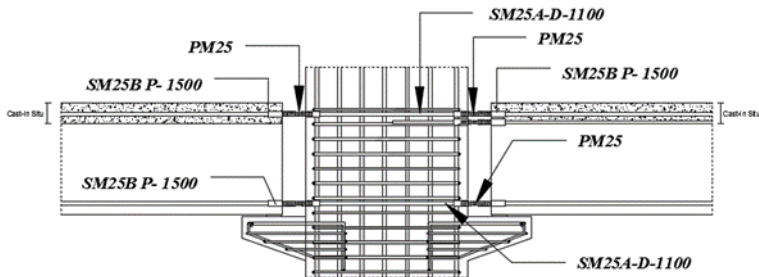
Setelah dilakukan pemancangan dan pembuatan pile cap maka tulangan kolom dipasang bersamaan dengan pengecoran pile cap. Pada penyambungan antar kolom dengan dimensi berbeda pada dasarnya sama seperti pada proses penyambungan antar kolom dengan dimensi sama, hanya saja pada tulangan panjang penyaluran pada kondisi ini lebih dilakukan penyesuaian terhadap lubang kolom yg berada di atasnya. Untuk metode penyambungannya di sini penulis menggunakan referensi dari produk coupler sleeve dari NMB Splice Sleeve dan SS Mortar Sgrouting injection. Maka dari itu, sambungan pada kolom-kolom ini tetap diklasifikasikan dalam kategori sambungan basah (wet connection). Berikut adalah ilustrasi mengenai proses penyambungan antar kolom dengan menggunakan coupler sleeve dan inject grouting yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. 10 Sambungan Kolom

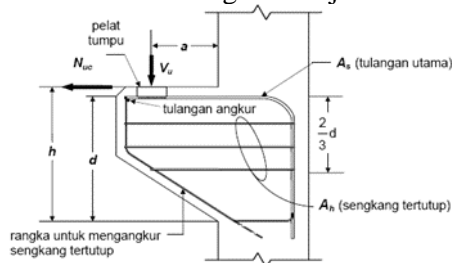
### 3.10.2 Sambungan pada Balok – Kolom

Sambungan balok dengan kolom memanfaatkan panjang penyaluran pada tulangan balok. Tulangan balok nantinya akan diteruskan atau dikaitkan ke dalam kolom. Panjang penyaluran bagian bawah akan menerima tekan dan panjang penyaluran bagian atas akan menerima Tarik. Maka perhitungan panjang penyaluran dihitung dalam dua kondisi yaitu tekan dan tarik. Pada sambungan balok-kolom terdapat 2 kondisi yaitu sambungan *single sided connection* dan *double sided connection*. Dalam perencanaan sambungan ini akan digunakan produk sambungan dari *Peikko group* yaitu dengan menggunakan *Modix Rebar Couplers*.



Gambar 3. 11 Sambungan balok dengan kolom

Pada perancangan sambungan balok dan kolom ini menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol pendek pada kolom kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan.

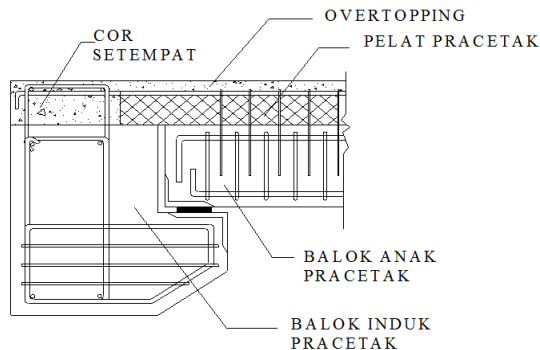


Gambar 3. 12 Parameter Geometri Konsol Pendek

### 3.10.3 Sambungan pada Balok Induk – Balok Anak

Balok anak diletakkan menumpu pada tepi balok induk dengan ketentuan panjang landasan adalah sedikitnya  $1/180$  kali bentang bersih komponen plat pracetak, tapi tidak boleh kurang dari 75 mm. Untuk membuat integritas struktur, maka tulangan utama balok anak baik yang tulangan atas maupun bawah dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan SK SNI 03-2847-2013.

Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Balok anak diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom.

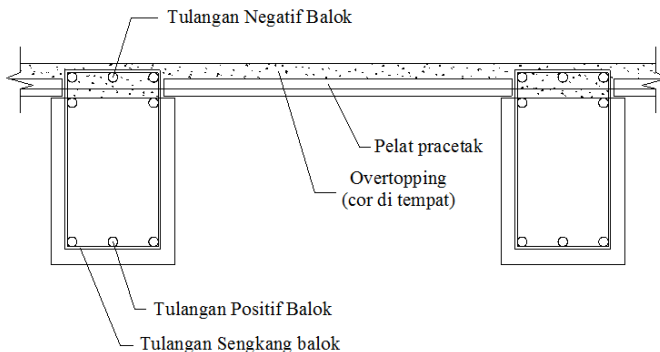


Gambar 3. 13 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

### 3.10.4 Sambungan pada Balok - Pelat

Untuk menghasilkan sambungan yang bersifat kaku, monolit, dan terintegrasi pada elemen-elemen ini, maka harus dipastikan gaya-gaya yang bekerja pada plat pracetak tersalurkan pada elemen balok. Hal ini dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut.

- Kombinasi dengan beton cor di tempat (topping), dimana permukaan pelat pracetak dan beton pracetak dikasarkan dengan amplitudo 5 mm.
- Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan, sesuai dengan aturan yang diberikan.
- *Grouting* pada tumpuan atau bidang kontak antara plat pracetak dengan balok pracetak.



Gambar 3. 14 Sambungan balok induk dengan pelat

### 3.11 Perencanaan Pondasi

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu konstruksi dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan tipe pondasi ini didasarkan atas:

- Fungsi bangunan atas yang akan dipikul oleh pondasi tersebut
- Besarnya beban dan beratnya bangunan atas
- Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan
- Biaya pondasi dibandingkan biaya bangunan atas

Pemakaian tiang pancang digunakan untuk pondasi suatu bangunan bila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya atau bila tanah keras yang mampu memikul berat bangunan dan bebannya letaknya sangat dalam.

Struktur pondasi direncanakan dengan menggunakan pondasi dalam, yaitu tiang pancang. Perhitungan kekuatan pondasi berdasarkan data tanah yang didapat dari tes sondir.

Nilai Konus diambil 4 D keatas & 4 D kebawah

$$P_{ijin\ 1\ tiang} = \frac{A_{tiang} \times Cn}{Sf_1} + \frac{JHP \times Q}{Sf_2}$$

$$Sf_1 = (2 - 3)$$

$$Sf_2 = (5 - 8)$$

\* **Jumlah tiang pancang yang diperlukan ( n )**

$$n = \frac{\Sigma Pu}{P_{ijin}}$$

$$S \geq \frac{1,57(D)_{min} - 2D}{m + n - 2}$$

$$\text{Efisiensi tiang } (\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n}$$

$$\text{Dimana, } \theta = \arctg \left( \frac{D}{S} \right)$$

$$P_{maks} = \frac{\Sigma Pu}{n} + \frac{M_y \times X_{max}}{\Sigma x^2} + \frac{M_x \times Y_{max}}{\Sigma y^2}$$

$P_{ult} = \text{Efisiensi tiang} \times P_u\ 1\ \text{tiang berdiri}$

\* **Kontrol Kekuatan Tiang**

$$P_{ult} \geq P_{perlu}$$

$$P_{perlu} = P_{maks}$$



\* **Kontrol Geser Ponds Pada Poer :**

Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi persyaratan bahwa kekuatan gaya geser nominal harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Kuat geser yang disumbangkan beton diambil terkecil dari :

$$\blacksquare V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

SNI 2847:13 pasal 11.11.12.1(a)

$$\blacksquare V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

SNI 2847:13 pasal 11.11.12.1(b)

$$\blacksquare V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

SNI 2847:13 pasal 11.11.12.1(c)

Dimana :

$\beta$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom

$b_o$  = keliling pada penampang kritis pada poer  
 $= 2(b_{\text{kolom}} + d) + 2(h_{\text{kolom}} + d)$

$\alpha_s \rightarrow 30$ , untuk kolom tepi

$\rightarrow 40$ , untuk kolom tengah

$\rightarrow 20$ , untuk kolom pojok

$\phi V_c > P_u \dots \dots \text{OK}$  (Ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser)

### **3.12 Metode Pelaksanaan**

Setelah perhitungan dan perancangan struktur, dilakukan pengurutan langkah-langkah pengerjaan melalui metode pelaksanaan. Metode pelaksanaan akan menggambarkan secara umum proses pekerjaan mulai dari fabrikasi beton pracetak hingga pekerjaan struktur selesai.

### **3.13 Gambar Teknik**

Penggambaran hasil perencanaan dan perhitungan menggunakan software AutoCAD.

### **3.14 Kesimpulan dan Saran**

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

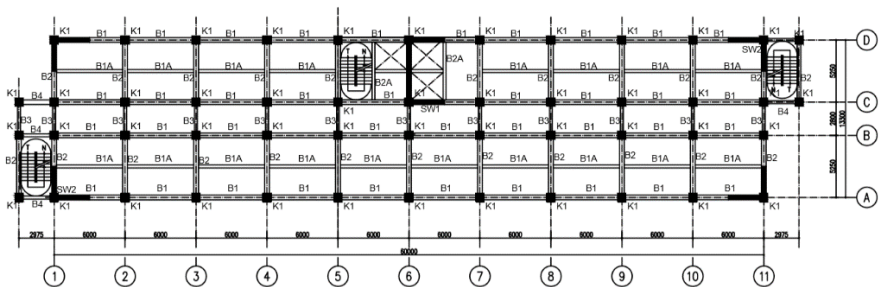
#### 4.1 Preliminary Design

##### 4.1.1 Umum

Preliminary desain merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan yang ada. *Preliminary design* yang dilakukan terhadap komponen struktur antara lain balok induk, balok anak, pelat, kolom, dan *shearwall*. Sebelum melakukan *preliminary*, baiknya dilakukan penentuan data perencanaan dan beban yang akan diterima oleh struktur gedung.

##### 4.1.2 Data Perencanaan

Perencanaan Gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun Surabaya menggunakan beton bertulang pada keseluruhan struktur gedung. Data bangunan yang akan digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir yaitu:



Gambar 4. 1 Denah Gedung

#### 1. Data Umum Bangunan

- Nama Gedung : Gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun Surabaya
- Lokasi : Tambak Osowilangun Surabaya

- Fungsi : Hunian
- Jumlah lantai : 16
- Tinggi Bangunan :  $\pm 56,25$  m
- Total luas area :  $\pm 837,5675$  m<sup>2</sup>
- Struktur utama : Struktur beton pracetak
- Atap : Beton pracetak
- Tinggi Bangunan :
  - Lantai 1 : 4 m
  - Lantai 2-16 : 3,2 m

2. Data Bahan :

- Kekuatan tekan beton ( $f'_c$ ) : 35 Mpa
- Tegangan leleh baja ( $f_y$ ) : 420 Mpa
- Data Tanah : (Lampiran)

#### 4.1.3 Pembebanan

1. Beban Gravitasi

- Beban Mati
- Beton Bertulang : 2400 kg/m<sup>2</sup>
- Dinding pasangan bata ringan Hebel 60 x 20 x 10 : 65 kg/m<sup>2</sup>
- Plafon + Penggantung : 18 kg/m<sup>2</sup>
- Tegel : 24 kg/m<sup>2</sup>
- Spesi per cm tebal : 21 kg/m<sup>2</sup>
- Aspal : 14 kg/m<sup>2</sup>
- Ducting + Plumbing : 30 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup
- Lantai Atap : 96 kg/m<sup>2</sup>
- Lantai Hunian/Rusun : 192 kg/m<sup>2</sup>

2. Beban Gempa

Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa berdasarkan SNI 1726:2012

#### 4.1.4 Perencanaan Pelat

Dimensi pelat direncanakan dengan :

$$\text{Tebal pelat} = L/28$$

Dasaran menentukan dimensi pelat berdasarkan SNI 7833-2012 Tabel 2 (Pasal 5.2.7.1.1)

Tabel 4. 1 Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak mendukung atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat massif satu arah	$\ell/20$	$\ell/24$	$\ell/28$	$\ell/10$
Balok atau pelat berusuk satu- arah	$\ell/16$	$\ell/18,5$	$\ell/21$	$\ell/8$
CATATAN: Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu 420. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut. a) Untuk struktur beton ringan dengan densitas $w_c$ antara 1 440 kg/m <sup>3</sup> dan 1 840 kg/m <sup>3</sup> , nilai harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ , tapi tidak kurang dari 1,09. b) Untuk $f_y$ selain 420 MPa, nilai harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$				

(Sumber : SNI 7833-2012 Beton Pracetak dan Beton Pratekan)

Selain itu, perencanaan dimensi pelat (Tebal Pelat Pracetak dan Topping) direncanakan sesuai dengan SNI 7833-2012 Pasal 7.11.6:

Tabel 4. 2 Preliminary Design Dimensi Pelat Pracetak

PRELIMINARY DESIGN (PELAT PRACETAK)							
No	Pelat	Dimensi (cm)					
		Panjang	Lebar	Tebal Minimal	Tebal Pakai	Tebal Pelat	
						Tebal	Topping
1	P1	200	262.5	9.375	15	10	5
2	P2	200	280	10	15	10	5
3	P3	297.5	280	10	15	10	5
4	P4	297.5	175	6.25	15	10	5
5	P5	300	262.5	9.375	15	10	5
6	P6	300	175	6.25	15	10	5

### 4.1.5 Perencanaan Balok

#### 4.1.5.1 Perencanaan Balok Induk

Penentuan tinggi balok minimum ( $h_{min}$ ) dihitung berdasarkan SNI 7833-2012 Tabel 2 (Pasal 5.2.7.1.1). Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung.

Tabel 4. 3 Tebal Minimum Balok Non – Prategang

Komponen struktur	Tebal minimum, $h$			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak mendukung atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat massif satu arah	$\ell/20$	$\ell/24$	$\ell/28$	$\ell/10$
Balok atau pelat berusuk satu- arah	$\ell/16$	$\ell/18,5$	$\ell/21$	$\ell/8$

CATATAN:  
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu 420. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut.  
 a) Untuk struktur beton ringan dengan densitas  $w_c$  antara 1 440 kg/m<sup>3</sup> dan 1 840 kg/m<sup>3</sup>, nilai harus dikalikan dengan (1,65 – 0,0003 $w_c$ ), tapi tidak kurang dari 1,09.  
 b) Untuk  $f_y$  selain 420 MPa, nilai harus dikalikan dengan (0,4 +  $f_y/700$ )

Dimensi balok induk direncanakan dengan :

$$h_{min} = \frac{L}{16}$$

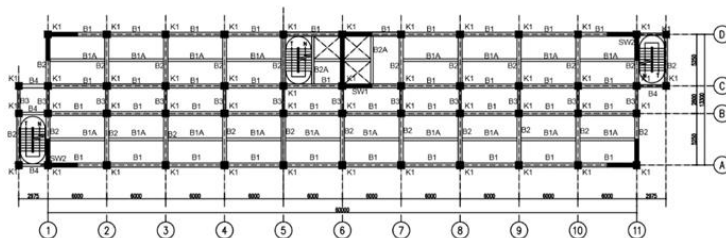
$$b = \frac{2}{3}h$$

Dimana :

$L$  = Panjang balok (m)

$h$  = Tinggi balok (m)

$b$  = Lebar balok (m)



Gambar 4. 2 Balok Induk pada Gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun (B1-B4)

Perhitungan perencanaan balok induk :

- Balok Induk (B1),  $L = 6 \text{ m}$

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{6}{16} = 0,375 \text{ m} \approx 0,4 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 0,4 = 0,267 \approx 0,3 \text{ m} = 30 \text{ cm}$$

- Balok Induk (B2),  $L = 5,25 \text{ m}$

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{5,25}{16} = 0,328 \text{ m} \approx 0,4 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 0,4 = 0,267 \approx 0,3 \text{ m} = 30 \text{ cm}$$

- Balok Induk (B3),  $L = 2,8 \text{ m}$

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{2,8}{16} = 0,175 \text{ m} \approx 0,2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 0,2 = 0,133 \approx 0,15 \text{ m} = 15 \text{ cm}$$

- Balok Induk (B4),  $L = 2,975 \text{ m}$

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{2,975}{16} = 0,186 \text{ m} \approx 0,2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 0,2 = 0,133 \approx 0,15 \text{ m} = 15 \text{ cm}$$

Dikarenakan dimensi pada Balok Induk 3 (B3) dan Balok Induk 4 (B4) terlalu kecil serta dalam perencanaan beton pracetak diutamakan bentuk elemen yang tipikal, maka digunakan dimensi balok induk, yaitu : 30/40 cm.

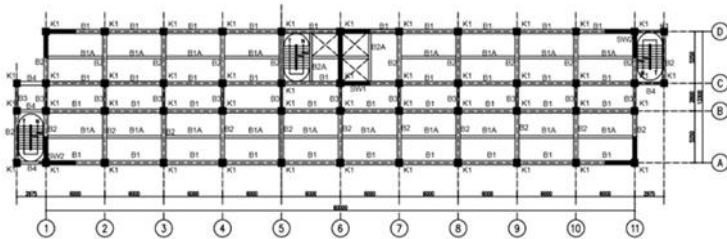
Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan dimensi balok induk menurut variasi bentang terdapat pada Tabel 4.4 :

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Induk

PRELIMINARY DESIGN (BALOK INDUK)							
No	Balok	Panjang Bentang Balok	Dimensi Balok (cm)				
			Tinggi Minimal	Tinggi Pakai	Lebar Pakai	Tinggi Balok	
						Pracetak	Topping
1	BI 1	6	37.5	40	30	25	15
2	BI 2	5.25	32.8	40	30	25	15
3	BI 3	2.8	17.5	40	30	25	15
4	BI 4	2.975	18.6	40	30	25	15

#### 4.1.5.2 Perencanaan Balok Anak

Perencanaan dimensi balok anak untuk mutu beton 35 Mpa dan mutu baja 420 MPa direncanakan sebagai balok pada dua tumpuan menerus, sehingga digunakan perumusan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2. tabel 9.5(a) yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.



Gambar 4. 3 Balok Anak pada Gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun (B1A dan B2A)

Perhitungan perencanaan balok anak :

- Balok Anak 1A (B1A),  $L = 6 \text{ m}$

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{6}{21} = 0,286 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m} = 30 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 0,3 = 0,2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

- Balok Anak 2A (B2A),  $L = 5,25 \text{ m}$

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{5,25}{21} = 0,25 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m} = 30 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 0,3 = 0,2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

Dikarenakan dimensi balok anak pracetak 20/30 dianggap terlalu kecil dan diutamakan bentuk elemen yang tipikal, maka digunakan dimensi balok anak 25/35 cm.

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan dimensi balok anak menurut variasi bentang yang terdapat pada Tabel 4.5.

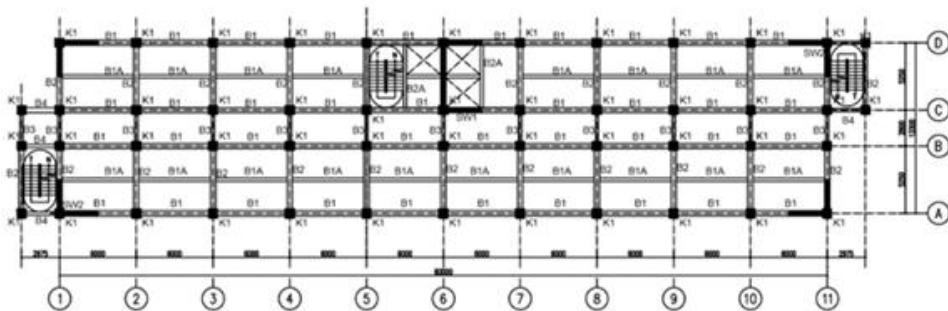


Tabel 4. 5 . Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Anak

PRELIMINARY DESIGN (BALOK ANAK)							
No	Balok	Panjang Bentang Balok	Dimensi Balok (cm)				
			Tinggi Minimal	Tinggi Pakai	Lebar Pakai	Tinggi Balok	
						Pracetak	Topping
1	B1A	6	28.6	35	25	20	15
2	B2A	5.25	25	35	25	20	15

#### 4.1.6 Perencanaan Kolom

Kolom yang direncanakan harus mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau.



Gambar 4. 4 Kolom yang Ditinjau Sebagai Desain Awal (K1)

Pada Gambar 4.4, terlihat kolom yang akan direncanakan memikul beban pada luasan pelat ukuran 4,025 x 6 meter dari seperempat masing-masing luasan pelat yang diatasnya.

Direncanakan :

Tebal Pelat : 15 cm  
 Tinggi lantai 1 : 400 cm  
 Tinggi lantai 2-16 : 320 cm

Pembebanan pada kolom berdasarkan SNI 1727 : 2013 untuk beban mati dan beban hidup, yang diberikan di setiap lantai sebagai perencanaan pembebanan kolom. Untuk efisiensi dan

keefektifan dimensi struktur dibuat beberapa variasi kolom. Diambil satu dimensi kolom yang berbeda setiap 4 lantainya.

Untuk beban hidup kolom diijinkan untuk beban hidup tereduksi berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 4,8 dengan syarat komponen struktur yang memiliki  $KLL \cdot AT \geq 37,16 \text{ m}^2$  dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$ATT = 4,025 \times 6 = 24,15 \text{ m}^2$$

$$KLL = 4$$

$$KLL \times ATT = 4 \times 24,15 \text{ m}^2 = 96,6 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2$$

- Reduksi beban hidup pelat lantai atap

$$R1 = 0,6 \text{ (untuk } AT \geq 55,74 \text{ m}^2)$$

$$R2 = 1$$

$$Lr = Lo \cdot R1 \cdot R2$$

$$Lr = 0,96 \times 0,6 \times 1 = 0,58 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Syarat} = 0,58 \leq Lr \leq 0,96$$

- Reduksi beban hidup pelat lantai rusun

$$Lo = 1,92 \text{ kN/m}^2$$

$$L = 1,92 \left( 0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{KLL \times AT}} \right) \geq 0,4 \times Lo$$

$$L = 1,92 \left( 0,25 + \frac{4,57}{4 \times 24,15} \right) \geq 0,4 \times 1,92$$

$$L = 1,92 \left( 0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{96,6}} \right) \geq 0,4 \times 1,92$$

$$L = 1,37 \geq 0,77 \text{ kN/m}^2$$

Berikut adalah tabel pembebanan pada kolom yang ditinjau sebagai desain awal :

Tabel 4. 6 Beban Total yang diterima Kolom Atap-13

Kolom Lantai Atap-13							
Pelat Atap							
	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Beban Mati							
Pelat Lantai Atap	2400	4.025	6	0.15	1	8694	Kg
Plafon + Penggantung	18	4.025	6	-	1	434.7	Kg
Spesi (2 cm)	42	4.025	6		1	1014.3	Kg
Aspal	14	4.025	6		1	338.1	Kg
Balok B1	2400	6	0.3	0.4	1	1728	Kg
Balok B2	2400	5.25	0.3	0.4	1	1512	Kg
Balok B3	2400	2.8	0.3	0.4	1	806.4	Kg
Ducting + Plumbing	30	4.025	6		1	724.5	Kg
WD						15252	Kg
Beban Hidup							
Lantai Atap	58	4.025	6		1	1400.7	Kg
WL						1400.7	Kg

Pelat Lantai 16-13							
	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Beban Mati							
Pelat Lantai	2400	4.025	6	0.15	4	34776	Kg
Plafon + Penggantung	18	4.025	6		4	1738.8	Kg
Tegel	24	4.025	6		4	2318.4	Kg
Spesi (2 cm)	42	4.025	6		4	4057.2	Kg
Dinding Batu Bata	65	10.025		3.2	4	8340.8	Kg
Ducting + Plumbing	30	4.025	6		4	2898	Kg
Balok B1	2400	6	0.3	0.4	4	6912	Kg
Balok B2	2400	5.25	0.3	0.4	4	6048	Kg
Balok B3	2400	2.8	0.3	0.4	4	3225.6	Kg
WD						70314.8	Kg
Beban Hidup							
Lantai Hotel	137.2747958	4.025	6		4	13260.745	Kg
WL						13260.745	Kg
WD Total						85,567	Kg
WL Total						14,661	Kg

Jadi berat total yang diterima satu kolom :

$$W = (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL})$$

$$W = (1,2 \times 85.567 + 1,6 \times 14.661)$$

$$W = 126.138 \text{ Kg}$$

$$F_c' = 35 \text{ Mpa} = 350 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{W}{\phi \times f_c'}$$

$$A = \frac{126.138}{\frac{1}{3} \times 350}$$

$$A = 1081,2 \text{ cm}^2$$

Direncanakan :

$$b = h$$

$$b = \sqrt{1081,19}$$

$$b = 33 \text{ cm}$$

$$h = 33 \text{ cm}$$

Maka direncanakan kolom yang digunakan untuk atap – lantai 13 adalah 35/35 cm .

W tot Lt 13-atap= W + W kolom direncanakan

$$= 126.138 + 1,2 \times (0,35 \times 0,35 \times 3,2 \times 4 \times 2400)$$

$$= 126.138 + 3763,2$$

$$= 130.654 \text{ Kg}$$

Tabel 4. 7 Beban Total yang diterima Kolom Lantai 12-9

Pelat Lantai 12-9							
	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Beban Mati							
Pelat Lantai	2400	4.025	6	0.15	4	34776	Kg
Plafon + Penggantung	18	4.025	6	-	4	1738.8	Kg
Tegel	24	4.025	6	-	4	2318.4	Kg
Spesi (2 cm)	42	4.025	6	-	4	4057.2	Kg
Dinding Batu Bata	65	10.025		3.2	4	8340.8	Kg
Ducting + Plumbing	30	4.025	6	-	4	2898	Kg
Balok B1	2400	6	0.3	0.4	4	6912	Kg
Balok B2	2400	5.25	0.3	0.4	4	6048	Kg
Balok B3	2400	2.8	0.3	0.4	4	3225.6	Kg
WD						70314.8	Kg
Beban Hidup							
Lantai Hotel	137.2747958	4.025	6	-	4	13260.745	Kg
WL						13260.745	Kg
WD Total						70314.8	Kg
WL Total						13260.745	Kg

Jadi berat total yang diterima satu kolom :

$$W = (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}) + W \text{ tot Lt 13-atap}$$

$$W = (1,2 \times 70.314,18 + 1,6 \times 13.260,745) + 130.654$$

$$W = 236.249 \text{ Kg}$$

$$F_c' = 35 \text{ Mpa} = 350 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{W}{\phi \times f_c'}$$

$$A = \frac{236.249}{\frac{1}{3} \times 350}$$

$$A = 2024,99 \text{ cm}^2$$

Direncanakan :

$$b = h$$

$$b = \sqrt{2024,99}$$

$$b = 45 \text{ cm}$$

$$h = 45 \text{ cm}$$

Maka direncanakan kolom yang digunakan untuk lantai 12 – lantai 9 adalah 45/45 cm .

$$\begin{aligned}
 W_{\text{tot Lt 9-atap}} &= W + W_{\text{kolom direncanakan}} \\
 &= 236.249 + 1,2 \times (0,45 \times 0,45 \times 3,2 \times 4 \times 2400) \\
 &= 236.249 + 6220,8 \\
 &= 243.714 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 8 Beban Total yang diterima Kolom Lantai 8-5

Pelat Lantai 8-5							
	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Beban Mati							
Pelat Lantai	2400	4.025	6	0.15	4	34776	Kg
Plafon + Penggantung	18	4.025	6		4	1738.8	Kg
Tegel	24	4.025	6		4	2318.4	Kg
Spesi (2 cm)	42	4.025	6		4	4057.2	Kg
Dinding Batu Bata	65	10.025		3.2	4	8340.8	Kg
Ducting + Plumbing	30	4.025	6		4	2898	Kg
Balok B1	2400	6	0.3	0.4	4	6912	Kg
Balok B2	2400	5.25	0.3	0.4	4	6048	Kg
Balok B3	2400	2.8	0.3	0.4	4	3225.6	Kg
WD						70314.8	Kg
Beban Hidup							
Lantai Hotel	137.2747958	4.025	6		4	13260.745	Kg
WL						13260.745	Kg
WD Total						70314.8	Kg
WL Total						13260.745	Kg

Jadi berat total yang diterima satu kolom :

$$\begin{aligned}
 W &= (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}) + W_{\text{tot Lt 9-atap}} \\
 W &= (1,2 \times 70.314,8 + 1,6 \times 13.260,745) + 243.714 \\
 W &= 349.309 \text{ Kg} \\
 F_c' &= 35 \text{ Mpa} = 350 \text{ Kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$A = \frac{W}{\phi \times f_c'}$$

$$A = \frac{349.309}{\frac{1}{3} \times 350} = 2994,08 \text{ cm}^2$$

Direncanakan :

$$b = h$$

$$b = \sqrt{2994,08}$$

$$b = 55 \text{ cm}$$

$$h = 55 \text{ cm}$$

Maka direncanakan kolom yang digunakan untuk lantai 8 – lantai 5 adalah 55/55 cm .

$$\begin{aligned} W_{\text{tot Lt 5-atap}} &= W + W_{\text{kolom direncanakan}} \\ &= 349.309 + 1,2 \times (0,55 \times 0,55 \times 3,2 \times 4 \times 2400) \\ &= 349.309 + 11.151,36 \\ &= 360.461 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Tabel 4. 9 Beban Total yang diterima Kolom Lantai 4-1

Pelat Lantai 4-1							
	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Beban Mati							
Pelat Lantai	2400	4.025	6	0.15	4	34776	Kg
Plafon + Penggantung	18	4.025	6		4	1738.8	Kg
Tegel	24	4.025	6		4	2318.4	Kg
Spesi (2 cm)	42	4.025	6		4	4057.2	Kg
Dinding Batu Bata	65	10.025		3.4	4	8862.1	Kg
Ducting + Plumbing	30	4.025	6		4	2898	Kg
Balok	2400	6	0.3	0.4	4	6912	Kg
Balok	2400	5.25	0.3	0.4	4	6048	Kg
Balok	2400	2.8	0.3	0.4	4	3225.6	Kg
WD						70836.1	Kg
Beban Hidup							
Lantai Hotel	137.2747958	4.025	6		4	13260.745	
WL						13260.745	Kg
WD Total						70836.1	Kg
WL Total						13260.745	Kg

Jadi berat total yang diterima satu kolom :

$$W = (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}) + W_{\text{tot Lt 5-atap}}$$

$$W = (1,2 \times 70.836,1 + 1,6 \times 13.260,745) + 360.461$$

$$W = 106.221 \text{ Kg} + 360.461 = 466.681 \text{ Kg}$$

$$F_c' = 35 \text{ Mpa} = 350 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{W}{\phi \times f_c'}$$

$$A = \frac{466.681}{\frac{1}{3} \times 350}$$

$$A = 4000,12 \text{ cm}^2$$

Direncanakan :

$$b = h$$

$$b = \sqrt{4000,12}$$

$$b = 64 \text{ cm}$$

$$h = 64 \text{ cm}$$

Maka direncanakan kolom yang digunakan untuk lantai 4 – lantai 1 adalah 65/65 cm .

#### 4.1.7 Perencanaan Dinding Geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.(1), ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang lebih pendek atau kurang dari 100 mm. Direncanakan:

- Tebal rencana dinding geser : 30 cm
  - Panjang bentang : 300 cm
  - Tinggi lantai : 300 cm
- $$30 \text{ cm} \geq H / 25 = 400/25 = 16,6 \text{ cm (OK)}$$
- $$30 \text{ cm} \geq L / 25 = 525/25 = 21 \text{ cm (OK)}$$

Jadi, tebal shearwall sebesar 30 cm telah memenuhi syarat SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1.



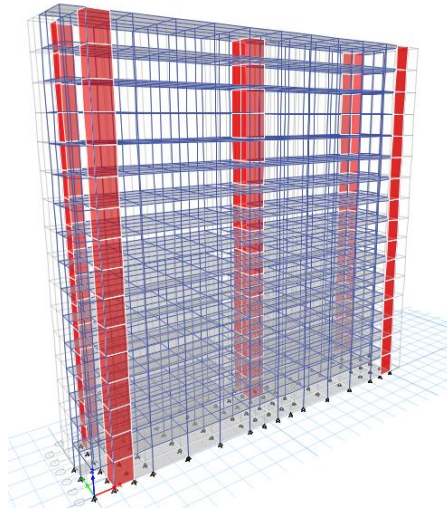
## 4.2 Pembebanan dan Analisa Struktur

### 4.2.1 Umum

Dalam perencanaan gedung bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk memikul beban yang terjadi. Pembebanan gravitasi mengacu pada ketentuan SNI 2847:2013 dan pembebanan gempa mengacu pada SNI 1726:2012.

### 4.2.2 Permodelan Struktur

Dalam perhitungan analisis beban gempa perlu suatu permodelan struktur, dimana struktur Rumah Susun Tambak Osowilangun Surabaya memiliki bentuk yang beraturan, sehingga harus dilakukan analisa dengan menggunakan analisa respon dinamik. Struktur Rumah Susun Tambak Osowilangun Surabaya dalam tugas akhir memiliki total 16 lantai dengan tinggi total gedung  $\pm 52$  meter.



Gambar 4. 5 Permodelan pada ETABS

#### 4.2.3 Pembebanan Gravitasi

Data-data perencanaan pembebanan Rumah Susun Tambak Osowilangun Surabaya yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Input beban sendiri
 

Mutu Beton ( $f'c$ )	: 35 Mpa
Mutu Baja ( $f_y$ )	: 420 Mpa
Ketinggian Lantai	
- Lt 1	: 4 meter
- Lt 2-16	: 3,2 meter
Dimensi Balok	
- Balok Induk 1	: 30 x 40 cm
- Balok Induk 2	: 30 x 40 cm
- Balok Induk 3	: 30 x 40 cm
- Balok Induk 4	: 30 x 40 cm
- Balok Anak 1	: 25 x 35 cm
- Balok Anak 2	: 25 x 35 cm
Tebal pelat	: 15 cm
Dimensi kolom	
- Lantai 1-4	: 65 x 65 cm
- Lantai 5-8	: 55 x 55 cm
- Lantai 9-12	: 45 x 45 cm
- Lantai 12-16	: 35 x 35 cm
- Input beban hidup
 

Lantai Rusun	: 137,2748 kg/m <sup>2</sup>
Lantai Atap	: 58 kg/m <sup>2</sup>
- Input beban mati tambahan (superdead)
 

Plafon + penggantung	: 18 kg/m <sup>2</sup>
Tegel	: 24 kg/m <sup>2</sup>
Spesi per cm tebal	: 21 kg/m <sup>2</sup>
Aspal	: 14 kg/m <sup>2</sup>
Ducting + Plumbing	: 30 kg/m <sup>2</sup>

Sehingga didapatkan rekap pembebanan gravitasi secara manual seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. 10 Rekapitulasi Pembebanan

Lantai Atap							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Balok Induk 30/40	2400	0.3	332.25	0.4	1	95688	Kg
Balok Induk 30/40	2400	0.3	42.525	0.4	1	12247.2	Kg
Balok Anak	2400	0.25	121.5	0.35	1	25515	Kg
Pelat Lantai Atap	2400	819.5675		0.15	1	295044.3	Kg
Super Dead	104	819.5675		-	1	85235.02	Kg
WD						513729.52	Kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Lantai Atap	58	819.5675		-	1	47534.915	Kg
WL						47534.915	Kg
Lantai 1-16							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Balok Induk 30/40	2400	0.3	332.25	0.4	15	1435320	Kg
Balok Induk 30/40	2400	0.3	42.525	0.4	15	183708	Kg
Balok Anak	2400	0.25	121.5	0.35	15	382725	Kg
Pelat Lantai	2400	748.955		0.15	15	4044357	Kg
Super Dead	114	748.955		-	15	1280713.1	Kg
WD						7326823.1	Kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Lantai	137	748.955		-	15	1542189.7	Kg
WL						1542189.7	

Tabel 4. 11 Hasil Pembebanan pada ETABS

TABLE : Base Reactions						
Load Case/Combo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	Kg	Kg	Kg	Kg-m	Kg-m	Kg-m
D+L			12,354,975			

Tabel 4. 12 Kontrol Pembebanan Gravitasi

Kontrol WT		
Jenis Beban	Beban	Satuan
Kolom	1620292.8	Kg
Shear Wall	1263600	Kg
Beban Mati	10,724,445	Kg
Beban Hidup	1,589,725	Kg
Super Dead	1365948.07	Kg
D+L	12,314,170	Kg
Kontrol	0.331362386	Ok

Pembebanan yang diinput pada ETABS haruslah mendekati perhitungan manual ( $\pm 5\%$ ) sehingga pembebanan pada ETABS dapat dinyatakan benar. Berikut merupakan rasio selisih pembebanan gravitasi yang didapat dari ETABS dan Manual (Tabel 4.).

Didapatkan dari tabel base reaction hasil analisa program bantu ETABS berat sebesar 12.354.975 Kg. Dan perhitungan secara manual sebesar 12.314.170 Kg.

Sehingga didapatkan rasio selisih sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Rasio} &= \left( \frac{12.354.975}{12.314.170} - 1 \right) \times 100\% \\ &= 0,331 \%\end{aligned}$$

Jadi dapat dikatakan bahwa pembebanan gravitasi pada ETABS sudah benar.

#### 4.2.4 Pembebanan Gempa Dinamis

Pembebanan gempa dengan mengacu pada SNI 1726:2012, yang di dalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa.

#### 4.2.4.1 Faktor Keutamaan Gempa

Faktor keutamaan gempa ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung sesuai dengan kategori resiko pada peraturan. Kategori resiko untuk gedung apartemen/rumah susun yaitu II dengan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) 1.

Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>		II
Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$	
I atau II	1,0	
III	1,25	
IV	1,50	

Gambar 4. 6. Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ )

#### 4.2.4.2 Kelas Situs

Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapat dari proses pengumpulan data. Pada proyek pembangunan gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun Surabaya didapatkan nilai  $N_{ch}$  (tes NSPT) = 3.705155 ( $N_{ch} < 15$ ), termasuk dalam kelas situs SE (Tanah Lunak). Dimana  $N_{ch}$  adalah tahanan penetrasi standar rata-rata tanah non-kohesif dalam lapisan 30 m paling atas.

#### 4.2.4.3 Parameter Respon Spektral dan Percepatan Spektral Desain

Sebagai input data pada ETABS, diperlukan data Percepatan Respon Spektrum (MCE). Data percepatan respon spektrum diambil dari website [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id). Dari website tersebut didapatkan data pada lokasi Surabaya dengan kelas situs SE (Tanah Lunak) seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 13 Parameter Respon Spectral dan Percepatan Spectral Desain

Variabel	Nilai
ss	0.66
s1	0.246
Fa	1.38
Fv	3.015
Sms	0.911
SM1	0.742
SDS	0.607
SD1	0.495

Keterangan :

- Ss : Parameter percepatan respon spectral Mce dari peta gempa pada perioda pendek
- S1 : Parameter percepatan respon spectral Mce dari peta gempa pada 1 pendek
- Fa : Koefisien situs untuk perioda pendek
- Fv : Koefisien situs untuk perioda pendek
- Sms : Parameter percepatan respons spectral MCE pada perioda pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
- SM1 : Parameter percepatan respons spectral MCE pada perioda 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
- SDS : Parameter percepatan respon spectral pada perioda pendek
- SD1 : Parameter percepatan respon spectral pada perioda 1 detik

#### 4.2.4.4 Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismic dibagi berdasarkan tabel pada SNI 1726:2012 Tabel 6. Untuk SDS sebesar 0,607 dan SD1 sebesar 0,495 dan kategori resiko II kategori desain seismic tergolong kategori D. Pada tugas akhir ini, sistem struktur menggunakan Sistem Ganda yaitu Dinding Geser Beton Bertulang dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SPRMK).

Tabel 4. 14 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI 1726:2012

Tabel 4. 15 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber : SNI 1726:2012

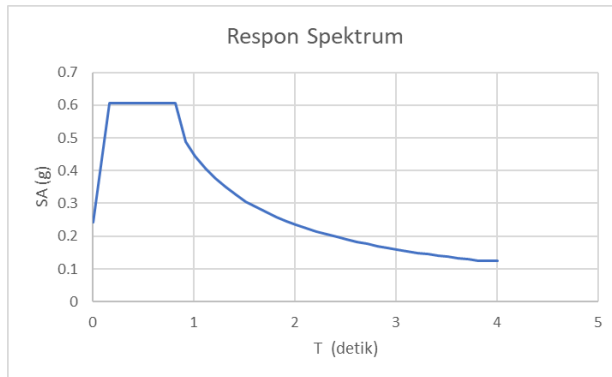
#### 4.2.4.5 Periode Fundamental dan Respon Spektrum Desain

Untuk periode fundamental dan Respon Spektrum Desain didapat data dari website puskim.pu.go.id seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. 16 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra

Respon Spektrum		2.215486	0.214
T (detik)	SA (g)	2.315486	0.205
0	0.243	2.415486	0.197
0.163097	0.607	2.515486	0.189
0.815486	0.607	2.615486	0.182
0.915486	0.488	2.715486	0.176
1.015486	0.444	2.815486	0.17
1.115486	0.407	2.915486	0.164
1.215486	0.376	3.015486	0.159
1.315486	0.35	3.115486	0.154
1.415486	0.327	3.215486	0.149
1.515486	0.306	3.315486	0.145
1.615486	0.289	3.415486	0.141
1.715486	0.273	3.515486	0.137
1.815486	0.258	3.615486	0.133
1.915486	0.246	3.715486	0.13
2.015486	0.234	3.815486	0.126
2.115486	0.223	4	0.124





Gambar 4. 7 Grafik Respon Spektrum Desain

#### 4.2.4.6. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

$$T = T_a \times C_u$$

Keterangan :

T = Periode fundamental bangunan

T<sub>a</sub> = periode fundamental pendekatan

C<sub>u</sub> = Koefisien batas atas

Berdasarkan SNI 1726:2012 kontrol waktu getar alami fundamental adalah:

$$T_a = C_t \times h^n$$

Tabel 4. 17 Nilai C<sub>t</sub> dan x

Tipe struktur	C <sub>t</sub>	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan menegakkan rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

Sumber : SNI 1726:2012

Sehingga didapatkan nilai  $C_t$  dan  $x$  sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \times h_n x &= 0,0466 \times 52^{0,9} \\ & &= 1,6322 \text{ s} \end{aligned}$$

Perioda fundamental struktur,  $T$ , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung ( $C_u$ ) dari tabel 4.2 SNI 1726:2012. ( $T_a < T < C_u.T_a$ )

Dari nilai  $SD1 = 0,495$ , didapatkan koefisien  $C_u = 1,4$ .

Tabel 4. 18 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Maka nilai  $C_u.T_a$  dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_u.T_a &= 1,4 \times 1,6322 \\ &= 2,28508 \text{ s} \end{aligned}$$

Nilai  $T$  yang didapat dari program bantu ETABS seperti pada Tabel 4.19, berikut :

Tabel 4. 19 Periode Fundamental

Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	1.981	0.505	3.1724	10.0643
Modal	2	1.794	0.558	3.5031	12.2715
Modal	3	1.699	0.588	3.6972	13.6695
Modal	4	0.559	1.788	11.2323	126.1637
Modal	5	0.483	2.07	13.0059	169.1532
Modal	6	0.469	2.134	13.4072	179.7528
Modal	7	0.253	3.958	24.8674	618.389
Modal	8	0.221	4.533	28.4832	811.2914
Modal	9	0.218	4.586	28.8175	830.4462
Modal	10	0.161	6.227	39.127	1530.922
Modal	11	0.149	6.719	42.2188	1782.43
Modal	12	0.146	6.846	43.0172	1850.482

T terbesar yang didapat dari analisa ETABS = 1.981 s, sehingga didapatkan :

$$T_a < T < C_u.T_a$$

$$1,6322 < 1,981 < 2,28508 \text{ (OK!)}$$

Dapat disimpulkan bahwa perioda fundamental struktur dapat dipakai.

#### 4.2.4.7 Kontrol Gaya Geser Dasar ( *Base Shear* )

Koefisien respons seismik,  $C_s$ , harus ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1. Nilai  $R$  yang dipakai yaitu  $R$  untuk sistem ganda dengan Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus dan Dinding Geser Beton Bertulang Khusus = 7. (SNI 1726:2012 Tabel 9)

$$C_s = \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Keterangan :

$C_s$  = Koefisien respon gempa

$SDS$  = Parameter percepatan respon spectral pada perioda pendek

$R$  = Koefisien modifikasi respon

$I_e$  = Faktor keutamaan gempa

Tabel 4. 20 Koefisien Modifikasi respon

D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

Dimana:

$SDS$  = 0,607

$I_e$  = 1

$R$  = 7

$$C_s = \frac{0,607}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,0867$$

Dan nilai  $C_s$  tidak lebih dari :

$$C_s = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Keterangan :

Cs = Koefisien respon gempa  
SD1 = Parameter percepatan respon spectral pada  
periode 1 detik  
R = Koefisien modifikasi respon  
Ie = Faktor keutamaan gempa  
T = Periode fundamental bangunan

Dimana :

SD1 = 0,495  
Ie = 1  
R = 7  
T = 1,981

$$Cs = \frac{0,495}{1,981 \left(\frac{7}{1}\right)} = 0,036$$

Dan nilai Cs tidak kurang dari :

Cs = 0,044 . SDS . Ie ≥ 0,01

Cs = 0,044 . 0,607 . 1 = 0,0267 ≥ 0,01

Maka nilai Cs diambil 0,036

Untuk perhitungan gempa faktor reduksi beban hidup untuk gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun Surabaya sebesar 0,5 (SNI 1726:2012), sehingga didapatkan berat seismic efektif bangunan (W) sebagai berikut (Tabel 4.21):

Tabel 4. 21 Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS

Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS						
TABLE : Base Reaction						
Load Case/Co	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
mbo	kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
1D+0.5L	-0.00025	-0.00132	11,684,818	79178436	-3.8E+08	-0.05

Gaya geser yang telah didapatkan dari perhitungan di atas akan didistribusikan secara vertikal ke masing-masing lantai sesuai dengan SNI 1726:2012.

$$V = C_s.W$$

Keterangan :

$C_s$  = Koefisien respon gempa  
 $W$  = Berat seismic efektif bangunan  
 $V$  = Gaya geser

Dimana:

$C_s$  = 0,036  
 $W$  = 11.853.696 Kg  
 $V$  =  $C_s \times W$   
 $= 0,036 \times 11.684.818 = 420.653,448 \text{ Kg}$

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan  $0,85.V/V_t$  (SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1). Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu ETABS didapatkan gaya geser dasar ragam ( $V_t$ ) sebagai berikut (Tabel 4.22):

Tabel 4. 22 Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS  $V_x$  &  $V_y$

Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS						
TABLE : Base Reaction						
Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Case/Co	Kg	Kg	Kg	Kg-m	Kg-m	Kg-m
Gempa X Max	331667.3	108692.9	0	3470330	10588908	4126137
Gempa Y Max	100025.9	360697.7	0	11511152	3194579	11974940

$V$  = 420.653,448 Kg  
 $V_x$  = 331.667,3 Kg  
 $V_y$  = 360.697,7 Kg

Maka untuk arah x,

$$V_{xt} > 0,85 \cdot V$$

$$331.667,3 \text{ Kg} > 0,85 \times 420.653,448 \text{ Kg}$$

$$331.667,3 \text{ Kg} > 357.555,43 \text{ Kg} \text{ (Not OK!)}$$

Maka untuk arah y,

$$V_{yt} > 0,85 \cdot V$$

$$360.697,7 \text{ Kg} > 0,85 \times 420.653,448 \text{ Kg}$$

$$360.697,7 \text{ Kg} > 357.555,43 \text{ Kg} \text{ (OK!)}$$

Oleh karena itu, untuk memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1, maka gaya geser tingkat nominal akibat gempa rencana struktur gedung hasil analisis harus dikalikan dengan faktor skala  $0,85V/V_t$ .

Arah x :

$$\frac{0,85 V}{V_{xt}} = \frac{357.555,43}{331.667,3} = 1,08$$

Arah y :

$$\frac{0,85 V}{V_{yt}} = \frac{357.555,43}{360.697,7} = 0,99$$

Setelah didapatkan faktor skala untuk masing-masing arah pembebanan, selanjutnya dilakukan analisa ulang struktur dengan mengalikan skala faktor yang diperoleh di atas pada *scale factor* untuk *Define Respons Spectra*. Kemudian dilakukan *running* ulang pada program analisis. Hasil dari *running* ulang tersebut adalah sesuai Tabel 4.23 :

Tabel 4. 23 Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS Vx & Vy Baru

Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS						
TABLE : Base Reaction						
Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Case/Co	Kg	Kg	Kg	Kg-m	Kg-m	Kg-m
Gempa X Max	358200.7	117388.4	0	3747957	11436021	4456228
Gempa Y Max	100025.9	360697.7	0	11511152	3194579	11974940

$$V = 420.653,448 \text{ Kg}$$

$$V_x = 358.200,7 \text{ Kg}$$

$$V_y = 360.697,7 \text{ Kg}$$

Maka untuk arah x,

$$V_{xt} > 0,85.V$$

$$358.200,7 > 0,85 \times 420.653,448 \text{ Kg}$$

$$358.200,7 \text{ Kg} > 357.555,43 \text{ Kg (OK!)}$$

Maka untuk arah y,

$$V_{yt} > 0,85.V$$

$$360.697,7 \text{ Kg} > 0,85 \times 420.653,448 \text{ Kg}$$

$$360.697,7 \text{ Kg} > 357.555,43 \text{ Kg (OK!)}$$

Ternyata hasil dari running ulang tersebut sudah memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1. Selanjutnya geser dasar ragam hasil running ulang tersebut akan digunakan sebagai beban gempa desain.

#### 4.2.4.8 Kontrol Dual System

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. Berikut total reaksi perletakan SRPM dan shearwall (Tabel 4.24).



Tabel 4. 24 Kontrol Sistem Ganda

	Fx	%	Fy	%
ShearWall	259,919	46%	219,305	40%
SRPM	309,451	54%	332,121	60%
Total	569,371	100%	551,426	100%

Dari hasil perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa persentase total dari SRPM memiliki nilai lebih besar dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur dual system.

#### 4.2.4.9 Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 1726:2012, Perhitungan respons dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total sekurang kurangnya adalah 90% (Tabel 4.25).

Tabel 4. 25 Total Partisipasi Massa

Case	Item Type	Item	Static	Dynamic
			%	%
Modal	Acceleration	UX	99.96	90.81
Modal	Acceleration	UY	99.96	91.76
Modal	Acceleration	UZ	0	0

Dari tabel diatas didapatkan bahwa dalam penjumlahan respon ragam menghasilkan respon total telah mencapai 90% untuk arah X dan arah Y maka ketentuan menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 terpenuhi.

#### 4.2.4.10 Kontrol Drift

Kinerja batas layan struktur gedung sangat ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana. Dimaksudkan untuk menjaga kenyamanan penghuni, mencegah kerusakan non-struktur, membatasi peretakan beton yang berlebihan.

Tabel 4. 26 Batas Simpangan Gedung

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025 h_{sx}^c$	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>a</sup>	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

<sup>a</sup>  $h_{sx}$  adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x.

Berikut merupakan drift ijin yang didapat dari perhitungan di atas.

$$\begin{aligned}\delta_{ijin} &= 0,020 \times h_{sx} \\ &= 0,020 \times 4000 = 80 \text{ mm (Lantai 1)} \\ \delta_{ijin} &= 0,020 \times h_{sx} \\ &= 0,020 \times 3200 = 64 \text{ mm (Lantai 2-16)}\end{aligned}$$

Lalu dilanjutkan mencari  $\delta_i$  dengan cara perhitungan sebagai berikut:

$$\delta_i = \frac{Drift \times Cd}{I_e}; Cd = 5,5 \text{ (SNI 1726 : 2012, Tabel 9)}$$

Keterangan :

- $\delta_i$  : Simpangan antar lantai tingkat desain
- $Cd$  : Faktor pembesaran defleksi
- $I_e$  : Faktor keutamaan gempa

Dari hasil perhitungan ETABS, didapatkan drift dan  $\delta_i$  sesuai dengan SNI 1726:2012 seperti pada Tabel 4.23

D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

Tabel 4. 27 Kontrol Simpangan

Table : Story Drifts							
Story	Load Case/Combo	Direction	Max Drift	Avg Drift	$\delta i$	$\delta_{izin}$	Ket.
			mm	mm	mm	mm	
Story16	Envelope Max	X	3.819	3.778	20.779	64	ok
Story16	Envelope Max	Y	3.137	2.993	16.4615	64	ok
Story15	Envelope Max	X	3.977	3.915	21.5325	64	ok
Story15	Envelope Max	Y	3.21	3.05	16.775	64	ok
Story14	Envelope Max	X	4.119	4.064	22.352	64	ok
Story14	Envelope Max	Y	3.327	3.159	17.3745	64	ok
Story13	Envelope Max	X	4.315	4.225	23.2375	64	ok
Story13	Envelope Max	Y	3.67	3.371	18.5405	64	ok
Story12	Envelope Max	X	4.315	4.228	23.254	64	ok
Story12	Envelope Max	Y	3.467	3.226	17.743	64	ok
Story11	Envelope Max	X	4.398	4.325	23.7875	64	ok
Story11	Envelope Max	Y	3.542	3.311	18.2105	64	ok
Story10	Envelope Max	X	4.435	4.362	23.991	64	ok
Story10	Envelope Max	Y	3.618	3.339	18.3645	64	ok
Story9	Envelope Max	X	4.488	4.393	24.1615	64	ok
Story9	Envelope Max	Y	3.656	3.343	18.3865	64	ok
Story8	Envelope Max	X	4.378	4.284	23.562	64	ok
Story8	Envelope Max	Y	3.417	3.146	17.303	64	ok
Story7	Envelope Max	X	4.293	4.212	23.166	64	ok
Story7	Envelope Max	Y	3.362	3.095	17.0225	64	ok
Story6	Envelope Max	X	4.126	4.047	22.2585	64	ok
Story6	Envelope Max	Y	3.228	2.959	16.2745	64	ok
Story5	Envelope Max	X	3.88	3.796	20.878	64	ok
Story5	Envelope Max	Y	3	2.747	15.1085	64	ok
Story4	Envelope Max	X	3.466	3.379	18.5845	64	ok
Story4	Envelope Max	Y	2.642	2.414	13.277	64	ok
Story3	Envelope Max	X	2.928	2.861	15.7355	64	ok
Story3	Envelope Max	Y	2.323	2.106	11.583	64	ok
Story2	Envelope Max	X	2.196	2.137	11.7535	64	ok
Story2	Envelope Max	Y	1.832	1.63	8.965	64	ok
Story1	Envelope Max	X	1.269	1.204	6.622	80	ok
Story1	Envelope Max	Y	1.077	0.936	5.148	80	ok

Maka dapat disimpulkan bahwa berdasarkan simpangan yang terjadi searah sumbu X maupun Y memenuhi persyaratan berdasarkan SNI 1726:2012.

#### 4.2.4.11 Analisa Eksentrisitas

Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana ed sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012 pasal 7.8.4.2 dengan jarak sama dengan 5% dimensi struktur tegak lurus terhadap arah gaya yang diterapkan.

- $e_x = e_{0x} + (0,05 B_x)$
  - $e_y = e_{0y} + (0,05 B_y)$
- dimana :
- $e_{0x}$  dan  $e_{0y}$  adalah eksentrisitas bawaan gedung
  - $0,05 B_x$  dan  $0,05 B_y$  adalah eksentrisitas tak terduga
  - $B_x$  adalah panjang gedung arah x
  - $B_y$  adalah panjang gedung arah y

Berdasarkan hasil dari ETABS maka didapatkan eksentrisitas pada Tabel 4.28

Tabel 4. 28 Perhitungan Eksentrisitas Aktual terhadap Pusat Massa dan Pusat Rotasi

Eksentrisitas Aktual						
Lantai	Xcm (m)	Ycm (m)	Xcr (m)	Ycr (m)	$e_x$ (m)	$e_y$
Story1	32.6975	6.6261	32.6356	7.7453	0.0619	1.1192
Story2	32.7085	6.6238	32.4899	7.7486	0.2186	1.1248
Story3	32.7085	6.6238	32.3937	7.7095	0.3148	1.0857
Story4	32.7221	6.6218	32.3312	7.6697	0.3909	1.0479
Story5	32.7421	6.622	32.2891	7.632	0.453	1.01
Story6	32.7421	6.622	32.256	7.5956	0.4861	0.9736
Story7	32.7421	6.622	32.2285	7.5625	0.5136	0.9405
Story8	32.7551	6.6203	32.204	7.5329	0.5511	0.9126
Story9	32.7665	6.6184	32.1837	7.5079	0.5828	0.8895
Story10	32.7665	6.6184	32.1649	7.4845	0.6016	0.8661
Story11	32.7665	6.6184	32.1472	7.4632	0.6193	0.8448
Story12	32.7761	6.6165	32.1299	7.4441	0.6462	0.8276
Story13	32.7796	6.6144	32.115	7.4296	0.6646	0.8152
Story14	32.7796	6.6144	32.1015	7.4179	0.6781	0.8035
Story15	32.7796	6.6144	32.0893	7.4101	0.6903	0.7957
Story16	32.5424	6.6996	32.0789	7.4073	0.4635	0.7077

Keterangan :

Xcm : Koordinat Pusat Massa arah X

Ycm : Koordinat Pusat Massa arah Y

Xcr : Koordinat Pusat Kekakuan arah X

Ycr : Koordinat Pusat Kekakuan arah Y

ex : Eksentrisitas aktual arah X

ey : Eksentrisitas aktual arah Y

Dari hasil perhitungan dan kontrol eksentrisitas aktual akibat eksentrisitas tak terduga berdasarkan SNI 1726:2012 diatas, didapatkan bahwa seluruh eksentrisitas belum memenuhi syarat  $e_{xy} > 0.05$  Bxy. Maka perlu ada pergeseran pusat massa baru

Lantai	Pusat Massa Eksentrisitas Baru							
	Eksentrisitas Aktual		Eksentrisitas Rencana				Pusat Massa Baru	
	ex (m)	ey (m)	bx (m)	edx (m)	by (m)	edy (m)	X cm b (m)	Y cm b (m)
Story1	0.0619	1.1192	65.95	3.2975	13.3	0.665	35.995	7.2911
Story2	0.2186	1.1248	65.95	3.2975	13.3	0.665	36.006	7.2888
Story3	0.3148	1.0857	65.95	3.2975	13.3	0.665	36.006	7.2888
Story4	0.3909	1.0479	65.95	3.2975	13.3	0.665	36.0196	7.2868
Story5	0.453	1.01	65.95	3.2975	13.3	0.665	36.0396	7.287
Story6	0.4861	0.9736	65.95	3.2975	13.3	0.665	36.0396	7.287
Story7	0.5136	0.9405	65.95	3.2975	13.3	0.665	36.0396	7.287
Story8	0.5511	0.9126	65.95	3.2975	13.3	0.665	36.0526	7.2853
Story9	0.5828	0.8895	65.95	3.2975	13.3	0.665	36.064	7.2834
Story10	0.6016	0.8661	65.95	3.2975	13.3	0.665	36.064	7.2834
Story11	0.6193	0.8448	65.95	3.2975	13.3	0.665	36.064	7.2834
Story12	0.6462	0.8276	65.95	3.2975	13.3	0.665	36.0736	7.2815
Story13	0.6646	0.8152	65.95	3.2975	13.3	0.665	36.0771	7.2794
Story14	0.6781	0.8035	65.95	3.2975	13.3	0.665	36.0771	7.2794
Story15	0.6903	0.7957	65.95	3.2975	13.3	0.665	36.0771	7.2794
Story16	0.4635	0.7077	65.95	3.2975	13.3	0.665	35.8399	7.3646

Tabel 4. 29 Eksentrisitas Baru Setelah Adanya Perubahan Pusat Massa

Eksentrisitas Baru										
Lantai	Xcm (m)	Ycm (m)	Xcr (m)	Ycr (m)	ex (m)	(ey)	0.05 bx	0.05 by	Kontrol	
									x	y
Story1	35.995	6.6261	32.6356	7.7453	3.3594	1.1192	3.2975	0.665	ok	ok
Story2	36.006	6.6238	32.4899	7.7486	3.5161	1.1248	3.2975	0.665	ok	ok
Story3	36.006	6.6238	32.3937	7.7095	3.6123	1.0857	3.2975	0.665	ok	ok
Story4	36.0196	6.6218	32.3312	7.6697	3.6884	1.0479	3.2975	0.665	ok	ok
Story5	36.0396	6.6220	32.2891	7.632	3.7505	1.0100	3.2975	0.665	ok	ok
Story6	36.0396	6.6220	32.256	7.5956	3.7836	0.9736	3.2975	0.665	ok	ok
Story7	36.0396	6.6220	32.2285	7.5625	3.8111	0.9405	3.2975	0.665	ok	ok
Story8	36.0526	6.6203	32.204	7.5329	3.8486	0.9126	3.2975	0.665	ok	ok
Story9	36.064	6.6184	32.1837	7.5079	3.8803	0.8895	3.2975	0.665	ok	ok
Story10	36.064	6.6184	32.1649	7.4845	3.8991	0.8661	3.2975	0.665	ok	ok
Story11	36.064	6.6184	32.1472	7.4632	3.9168	0.8448	3.2975	0.665	ok	ok
Story12	36.0736	6.6165	32.1299	7.4441	3.9437	0.8276	3.2975	0.665	ok	ok
Story13	36.0771	6.6144	32.115	7.4296	3.9621	0.8152	3.2975	0.665	ok	ok
Story14	36.0771	6.6144	32.1015	7.4179	3.9756	0.8035	3.2975	0.665	ok	ok
Story15	36.0771	6.6144	32.0893	7.4101	3.9878	0.7957	3.2975	0.665	ok	ok
Story16	35.8399	6.6996	32.0789	7.4073	3.761	0.7077	3.2975	0.665	ok	ok

### 4.3 Perencanaan Struktur Sekunder

#### 4.3.1 Umum

Struktur gedung dibagi menjadi dua yaitu struktur utama (primer) dan struktur sekunder. Struktur sekunder tidak menahan beban secara keseluruhan, namun tetap mengalami tegangan akibat pembebanan yang bekerja secara langsung pada bagian tersebut, maupun perubahan bentuk dari struktur primer. Bagian dari struktur sekunder antara lain meliputi tangga, pelat lantai, balok lift dan balok anak. Pada subbab ini akan dibahas mengenai perancangan struktur sekunder.

#### 4.3.2 Perencanaan Tangga

Pada perencanaan ini, struktur tangga yang berupa pelat dimodelkan sebagai frame statis tertentu dengan kondisi ujung perletakan berupa sendi dan rol. Struktur tangga ke atas memiliki 2 tipe dengan tinggi lantai yang berbeda.

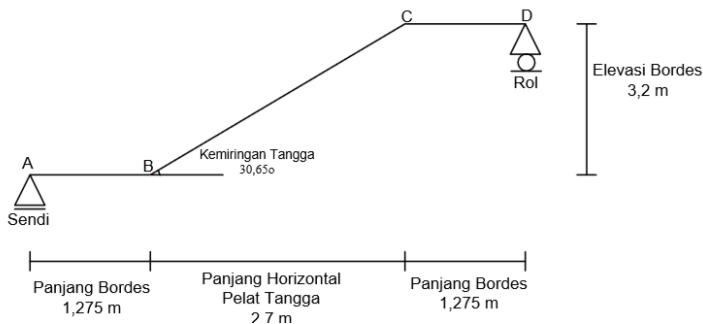
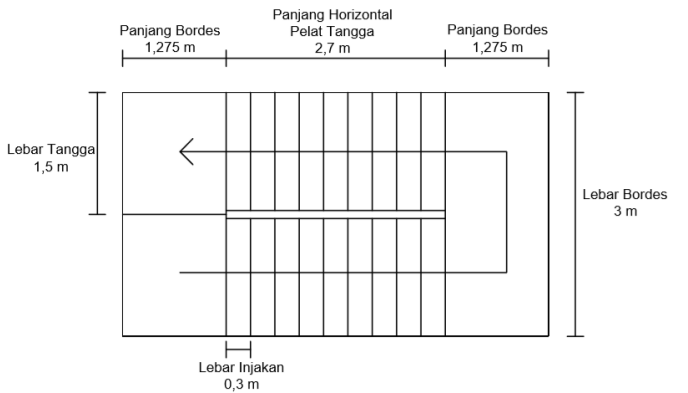
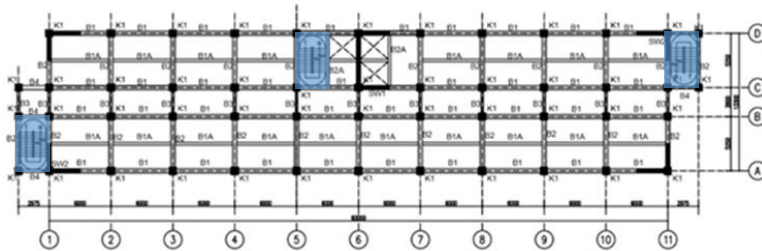
#### 4.3.2.1 Data – Data Perencanaan Tangga

Perhitungan Data Perencanaan Tangga (Tipe 1)

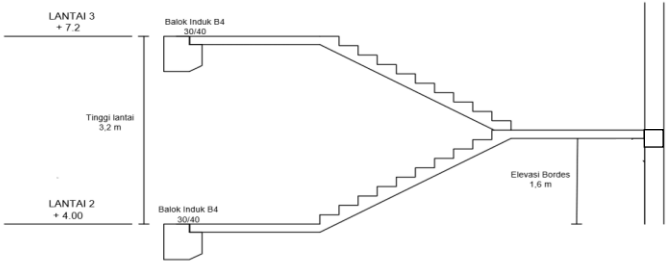
- Panjang bentang tangga : 525 cm
- Tinggi lantai : 320 cm
- Elevasi bordes :  $\frac{\text{Tinggi lantai}}{2} : 160 \text{ cm}$
- Tinggi tanjakan (t) : 16 cm
- Lebar injakan (i) : 30 cm
- Jumlah tanjakan (nt) :  $\frac{\text{Elevasi Bordes}}{\text{Tinggi Tanjakan}} : 10 \text{ buah}$
- Jumlah injakan (ni) : nt – 1 buah : 9 buah
- Panjang horizontal pelat tangga : i x ni : 270 cm
- Kemiringan tangga ( $\alpha$ ) :  $\text{arc tan } \frac{\text{Elv. Bordes}}{\text{Panjang horizontal}}$   
 $: \text{arc tan } \frac{160}{270} : 30,65^\circ$
- Tebal pelat tangga (tp) : 14 cm
- Tebal anak tangga rata-rata (tr) :  $(i/2) \sin \alpha : 7,65 \text{ cm}$
- Tebal pelat tangga rata-rata : tp + tr : 21,65 cm
- Panjang bordes :  $\frac{(L - \text{Panjang horintal})}{2}$   
 $: \frac{525-270}{2} : 127,5 \text{ cm}$
- Lebar bordes : 300 cm
- Lebar tangga : 150 cm
- Cek syarat :
  1.  $60 \leq (2t+i) \leq 65$   
 $60 \leq (32+30) \leq 65 \text{ (OK)}$
  2.  $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$   
 $25^\circ \leq 30,65^\circ \leq 40^\circ \text{ (OK)}$



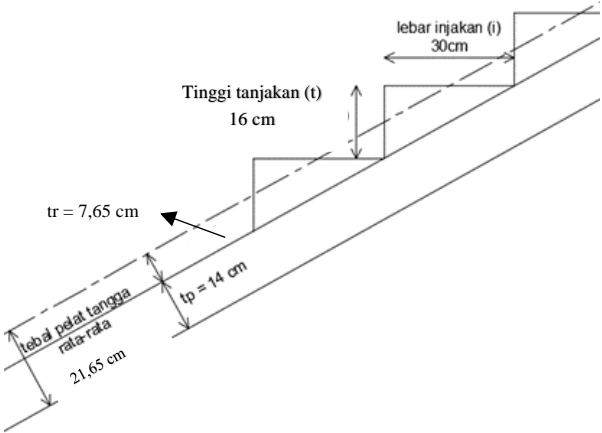
Denah dan potongan tangga yang akan ditinjau dapat dilihat pada gambar 4.8. dan gambar 4.9



Gambar 4. 8 Denah dan Potongan Tangga



Gambar 4. 9. Desain Perencanaan Tangga



Gambar 4. 10 Detail Perencanaan Tangga

#### 4.3.2.2 Pembebanan Tangga dan Bordes

Pada perhitungan pembebanan struktur tangga, beban hidup dan mati diberikan untuk lebar tangga setiap 1 m'.

##### a. Pembebanan Tangga

###### - Beban Mati

$$\text{Pelat tangga} : \frac{0,2165 \times 2400 \times 1}{\cos 30,65} = 603,98 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Tegel} : 24 \times 1\text{m} = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} : 21 \times 1\text{m} = 21 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sandaran/raling} : 50 \text{ kg/m} = 50 \text{ kg/m}$$

Tegel dan spesi vertical

$$= \frac{(24+21) \times 1\text{m} \times 3\text{m}}{2,7\text{m}} = 50 \text{ kg/m}$$

$$\text{qd} : 748,98 \text{ kg/m}$$

###### - Beban Hidup

$$\text{ql} : 489 \text{ kg/m}$$

###### - Kombinasi

$$q : 1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql}$$

$$q : 1,2 \times 748,98 + 1,6 \times 489 = 1681,2 \text{ kg/m}$$

##### b. Pembebanan Bordes

###### - Beban Mati

$$\text{Pelat bordes} : 0,14 \times 2400 \times 1 = 336 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} : 21 \times 1 \text{ m} = 21 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel} : 24 \times 1 \text{ m} = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sandaran} : 50 = 50 \text{ kg/m}$$

$$\text{qd} : 431 \text{ kg/m}$$

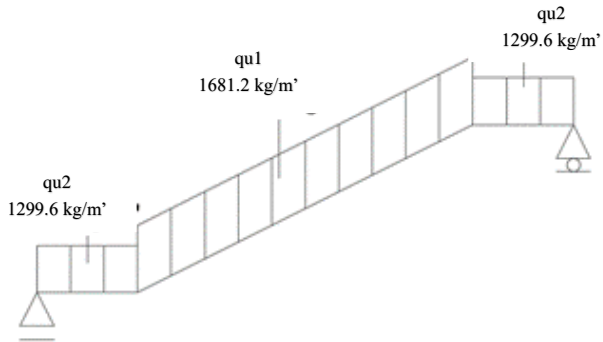
###### - Beban Hidup

$$\text{ql} : 489 \text{ kg/m}$$

- **Kombinasi**

$$q : 1,2 q_d + 1,6 q_l$$

$$q : 1,2 \times 431 + 1,6 \times 489 = 1299,6 \text{ kg/m}$$



Gambar 4. 11 Pembebanan Tangga

#### 4.3.2.3. Perhitungan Gaya pada Tangga

Perhitungan gaya dalam pada tangga adalah sebagai berikut:

Perhitungan Gaya Dalam Tangga (Tipe 2)

Reaksi Perletakan

$$Q_{u1} = 1681,2 \text{ kg/m (pada tangga)}$$

$$Q_{u2} = 1299,6 \text{ kg/m (pada bordes)}$$

$$\text{➤ } \Sigma H = 0 \Rightarrow H_A = 0$$

$$\text{➤ } \Sigma M_a = 0$$

$$RD (5,25) - ((q_2 \times 1,275) \times 4,6125) - ((q_1 \times 2,7) \times 2,625) - ((q_2 \times 1,275) \times 0,6375) = 0$$

$$RD =$$

$$\frac{((1299,6 \times 1,275) \times 4,6125) + ((1681,2 \times 2,7) \times 2,625) + ((1681,2 \times 1,275) \times 0,6375)}{5,25}$$

$$RD = 3926,6 \text{ kg}$$

$$\text{➤ } \Sigma V = 0$$

$$RA - q_1 (2,7) - q_2 (1,275 \times 2) + RD = 0$$

$$RA = 1681,2 \times 2,7 + 1299,6 \times 1,275 \times 2 - 3926,62$$

$$RA = 4539,24 + 3313,98 - 3926,62$$

$$RA = 3926,6 \text{ kg}$$

Gaya Dalam

❖ Segmen A-B

$$\text{Bidang N} : N_{AB} = 0 \text{ kg}$$

$$\text{Bidang D} : D_A = R_A = 3926,6 \text{ kg}$$

$$D_B = R_A - q_2 \times (1,275) \\ = 2269,6 \text{ kg}$$

$$\text{Bidang M} : M_A = 0 \text{ kgm}$$

$$M_B = R_A \times 1,275 - 0,5 \times q_2 \times 1,275^2 \\ = 3950,1 \text{ kgm}$$

❖ Segmen B-C

$$\text{Bidang N} : N_B = - (R_A - q_2 (1,275)) \times \sin \alpha$$

$$= - 1157 \text{ kg}$$

$$NC = (Ra - q_2 (1,275)) \times \sin \alpha$$

$$= 1157 \text{ kg}$$

Bidang D :  $DB = (Ra - q_2 (1,275)) \times \cos \alpha$

$$= 1952,5 \text{ Kg}$$

$$DC = - (RD - q_2 (1,275)) \times \cos \alpha$$

$$= - 1952,5 \text{ kg}$$

Bidang M :  $MB = Ra \times 1,275 - 0,5 q_2 \times 1,275^2$

$$= 3950 \text{ kgm}$$

$$MC = RD \times 1,275 - 0,5 q_2 \times 1,275^2$$

$$= 3950 \text{ kgm}$$

$$M_{\max} = Ra \times 2,625 - q_2 \times 1,275 \times$$

$$1,9875 - 0,5 q_2 \times 1,35^2 = 5482 \text{ kg}$$

❖ Segmen C-D

Bidang N :  $NCD = 0$

Bidang D :  $DD = - RD = - 3926,6 \text{ kg}$

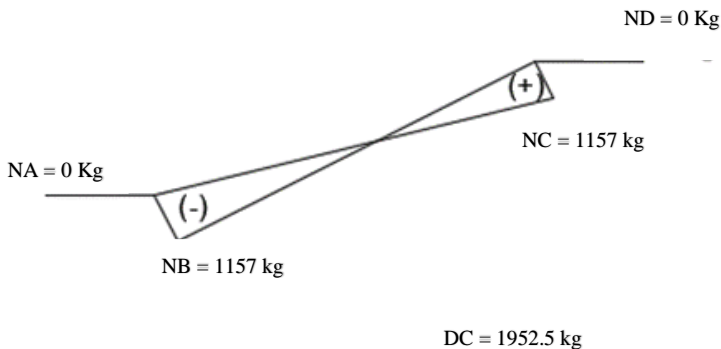
$$DC = - RD + q_2 (1,275)$$

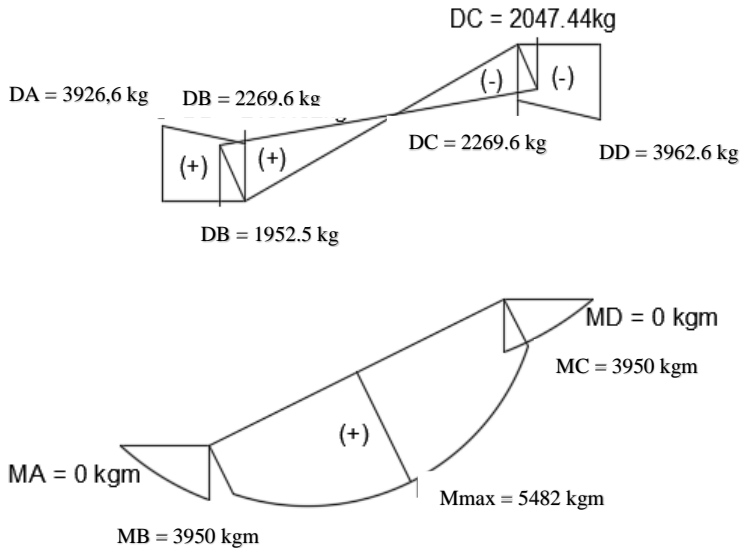
$$= -2269,61 \text{ kg}$$

Bidang M :  $MC = Ra \times 1,275 - 0,5 q_2 \times 1,275^2$

$$= 3950 \text{ kg}$$

$$MD = 0$$





Gambar 4. 12 Bidang N, D, M pada Tangga

#### 4.3.2.4 Perhitungan Tulangan Pelat Tangga dan Bordes

Tulangan pelat tangga dan bordes dibuat sama agar lebih mudah dalam pelaksanaan. Perhitungan tulangan tangga adalah sebagai berikut:

##### ➤ Perhitungan Tulangan Pelat Tangga dan Bordes

- $f_c'$  : 35 Mpa
- $f_y$  : 420 Mpa
- $\beta_1$  :  $0,85 - 0,05 \frac{f_c' - 28}{7}$   
:  $0,85 - 0,05 \frac{(f_c' - 28)}{7}$   
: 0,8
- $\rho_{min}$  : 0,0018 ( $F_y = 420$  Mpa)
- $\rho_b$  :  $\frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$

- $$: \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{420} \left( \frac{600}{600+420} \right)$$
- $$: 0,033$$
- $\rho_{\max}$  :  $0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,33 = 0,025$
  - $m$  :  $\frac{fy}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 35} = 14,12$
  - Tebal pelat : 140 mm
  - Direncanakan tulangan = D 16 mm (  $A_s = 201,14 \text{ mm}^2$  )
  - Tebal selimut beton ( $d'$ ) = 20 mm
  - $dx = 140 - 20 - 16 - (0,5 \times 16) = 96 \text{ mm}$
  - $dy = 140 - 20 - (0,5 \times 16) = 112 \text{ mm}$
  - $M_u = 5.482 \text{ kg.m} = 54,82 \text{ Knm} = 54.820.000 \text{ Nmm}$
  - $V_u = 3926,6 \text{ kg}$
  - $N_u = 1157 \text{ kg}$

➤ **Penulangan Longitudinal** (SNI 2847:2013, Pasal 9.3.2.7)

$$M_u = 5.482 \text{ kg.m} = 54.820.000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d \times x^2} = \frac{54.820.000}{0,9 \times 1000 \times 112^2} = 4,86 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{14,12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,12 \times 4,86}{420}} \right)$$

$$= 0,016$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0018 < 0,013 < 0,025$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,013$$

$$A_s \text{ Perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,013 \times 1000 \times 112$$

$$= 1456 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan maksimum

$$S \text{ perlu} = \frac{b \times A_s}{A_s \text{ Perlu}} = \frac{1000 \times 201,14}{1792} = 138,1 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$$

**Sehingga digunakan Tulangan Lentur D16-100 mm**



### Penulangan terhadap momen negative

Karena memakai perletakkan sendi-rol (beban gravitasi tidak ada momen negative), maka rasio tulangan untuk momen negatif memakai  $\rho_{\min}$

$\rho$  pakai = 0.0018

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d = 201,6 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan maksimum :

$$S = \frac{b \times As}{As_{\text{Perlu}}} = \frac{1000 \times 201,14}{201,14} = 997,7 \text{ mm}$$

S pakai = 250 mm

### Digunakan tulangan lentur D16 – 250

#### ➤ Penulangan Geser (SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.2)

Komponen struktur dibebani tekan aksial

$$V_c = 0,17x \left( 1 + \frac{Nu}{Agx14} \right) x \sqrt{f_c} x bw x d$$

$$V_c = 0,17x \left( 1 + \frac{11570}{1000x140x14} \right) x \sqrt{35} x 1000 x 112$$

$$V_c = 113.307,1 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{Vu}{\phi} = \frac{39266}{0,75} = 52.354,6 \text{ N}$$

$V_c > V_n \rightarrow$  tidak perlu tulangan geser

#### ➤ Penulangan Susut (SNI 2847:2013, Pasal 7.12.2.1)

Tulangan susut menggunakan  $\rho_{\min} = 0,0018$

$\rho$  pakai = 0.0018

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d = 201,6 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan maksimum :

$$S = \frac{b \times As}{As_{\text{Perlu}}} = \frac{1000 \times 201,06}{201,14} = 999,6 \text{ mm}$$

S pakai = 250 mm

### Digunakan Tulangan susut D16-250 mm

#### 4.3.2.5 Perencanaan Balok Bordes

➤ Pembebanan Balok Bordes

- Beban Mati

$$\text{Pelat Bordes} : 0,14 \times 1 \times 2400 = 336 \text{ kg/m}$$

$$\text{Balok} : 0,25 \times 0,3 \times 2400 = 180 \text{ kg/m}$$

$$\text{qd} : 516 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup

$$\text{ql} : 500 \text{ kg/m}$$

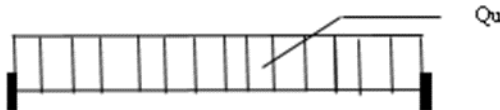
- Kombinasi

$$q : 1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql}$$

$$q : 1,2 \times 516 + 1,6 \times 500 = 1419,2 \text{ kg/m}$$

➤ Penulangan Balok Bordes

Pada proses analisa struktur balok bordes ini, menggunakan perhitungan statis tak tentu dengan menggunakan perletakan jepit jepit, dimana pembebanan dan output seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4. 13 Pembebanan pada Balok Bordes

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$d = 300 - 40 - 10 - (1/2 \times 16) = 242 \text{ mm} = 24,2 \text{ cm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'_c - 28}{7}$$

$$= 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,8$$

tulangan lentur yang dipakai D16

tulangan senkang yang dipakai D10

$$\rho_{\min} : \frac{0.25 \sqrt{f_{c'}}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} : \frac{0.25 \sqrt{40}}{420} = 0.003765 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} : \frac{1.4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} : \frac{1.4}{420} = 0.003333$$

$$\begin{aligned} \rho_b &: \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &: \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) \\ &: 0.033 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} : 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.033 = 0.025$$

$$m : \frac{f_y}{0.85 \times f_{c'}} = \frac{420}{0.85 \times 35} = 14.12$$

- Penulangan Lentur

$$M_u = \frac{1}{12} \times Q_u \times l^2$$

$$M_u = \frac{1}{12} \times 1419.2 \times 3^2 = 1064.4 \text{ kgm} = 10644000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{10644000}{0.9 \times 250 \times 242^2} = 0.81 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 0.81}{420}} \right) = 0.00196$$

$$\rho_{\min} = 0.003765$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0.003765 \times 250 \times 242 = 227.8 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ (D16)} = \frac{1}{4} \times \frac{227.8}{7} \times 16^2 = 201.14 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{227.8}{201.14} = 1 \text{ (dibulatkan menjadi 2)}$$

**Dipakai tulangan tekan praktis 2 D 16**

- Kontrol Spasi Tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= (bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \text{dsengkang} - n \cdot \text{dlentur}) / (n-1) \\
 &= (250 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 16)) / (2-1) \\
 &= 118 \text{ mm} \\
 S &> 25 \text{ mm} \rightarrow (\text{ok})
 \end{aligned}$$

- Penulangan Geser

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times bw \times d \\
 V_c &= 0,17 \times \sqrt{35} \times 250 \times 242 = 60846,9 \text{ N} \\
 0,5 \phi \cdot V_c &= 0,5 \times 0,6 \times 60846,9 \text{ N} \\
 &= 18254,1 \text{ N} \\
 V_u &= \frac{1}{2} \times q \times l = \frac{1}{2} \times 1419,2 \times 3 = 2128,8 \text{ kg} = 21288 \text{ N} \\
 0,5 \phi \cdot V_c &< V_u < V_c \\
 18.254,1 \text{ N} &< 21.288 \text{ N} < 60.846,9 \text{ N (diperlukan tulangan minimum)} \\
 V_{s \text{ min}} &= \frac{V_u}{\phi} \\
 V_{s \text{ min}} &= \frac{21.288}{0,9} = 23.653,2 \text{ N} \\
 A_s (D10) &= \frac{1}{4} \times 22^2 \times 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2 \\
 A_v &= 2 \times A_s D10 \\
 &= 2 \times 78,57 = 157,14 \text{ mm}^2 \\
 S \text{ maks} &= \frac{A_v \times f_y \times dx}{V_s} \\
 &= \frac{157,14 \times 420 \times 242}{23.653,2} = 675,25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Maka digunakan tulangan geser D10-150 mm**

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan tangga:

Tabel 4. 30 Rekapitulasi Penulangan Tangga

Tangga 1		
Nama Struktur	Tulangan	
	Lentur	Susut
Pelat Tangga	D16-100	D16-250
Pelat Bordes	D16-100	D16-250
Balok Bordes	2D16	Geser
		D10-150

#### 4.3.3 Perencanaan Pelat Lantai dan Pelat Atap

Perencanaan pelat pada tugas akhir ini, terdapat dua jenis pelat, yaitu pelat lantai dan pelat atap. Direncanakan pelat menggunakan half slab, karena untuk mengefisiensi kinerja saat pabrikasi, maka pelat atap direncanakan sama dengan pelat lantai. Desain tebal pelat direncanakan menggunakan ketebalan 15 cm dengan perincian tebal pelat pracetak 10 cm dan pelat cor setempat / overtopping 5 cm. Pada Perencanaan ini, pelat akan dibagi dalam beberapa tipe untuk mempermudah proses instalasi. Peraturan yang digunakan untuk penentuan besar beban yang bekerja pada struktur pelat adalah Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 1727:2013). Desain pelat direncanakan pada beberapa keadaan, yaitu:

1. Saat pengangkatan, keadaan ini terjadi pada saat instalasi pelat half slab, dimana terjadi pengangkatan pelat ke tempat yang direncanakan.
2. Sebelum Komposit, keadaan ini terjadi pada saat awal pengecoran topping yaitu komponen pracetak dan komponen topping belum menyatu dalam memikul beban, perletakkan pelat pada kondisi diasumsikan sebagai perletakkan bebas
3. Sesudah komposit, keadaan ini terjadi apabila topping dan elemen pracetak pelat telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Perletakkan pelat dianggap sebagai perletakkan terjepit elastis

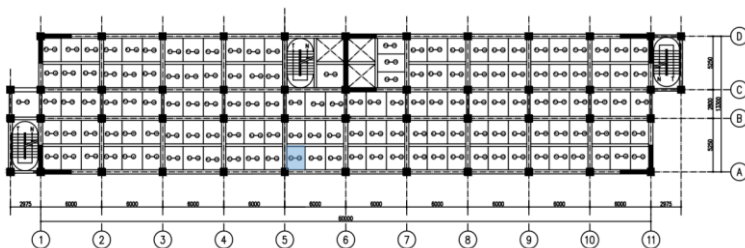
Permodelan pelat utama perletakan baik pada saat sebelum komposit dan setelah komposit akan digunakan untuk perhitungan tulangan pelat. Pelat pada saat awal pemasangan atau saat sebelum komposit diasumsikan memiliki perletakan bebas dengan tulangan lapangan saja. Sedangkan pada saat setelah komposit diasumsikan sebagai perletakan terjepit elastis. Penulangan akhir nantinya merupakan penggabungan pada 3 keadaan yang direncanakan. Selain tulangan untuk menahan beban gravitasi perlu juga diperhitungkan tulangan angkat yang sesuai pada pemasangan

pelat pracetak. Pada laporan ini, akan diberikan contoh perhitungan pelat tipe 1. Berikut merupakan contoh perhitungan pelat tipe 1.

#### 4.3.3.1 Data Perencanaan Pelat

Data perencanaan untuk perencanaan pelat Half Slab type 1 yang akan digunakan untuk perhitungan :

- Tebal Pelat Full Slab : 15 cm
- Tebal Pelat Half Slab : 10 cm
- Mutu Beton 28 hari : 35 Mpa
- Mutu Beton 7 hari : 24,5 Mpa
- Mutu Baja : 420 Mpa
- Tebal Selimut : 30 mm
- Diameter Tulangan : 10 mm
- Panjang Pelat : 2 m
- Lebar Pelat : 2,625 m
- Ln : 2,375 m
- Sn : 2 m



Gambar 4. 14 Pelat Lantai Tipe 1

#### 4.3.3.2. Pembebanan Pelat

direncanakan menerima beban mati (DL) dan beban hidup (LL) berdasarkan SNI 1727 : 2013 sesuai dengan fungsi bangunan apartemen/rumah susun.

##### ➤ Setelah Komposit

- Beban Mati  
Pelat Lantai :  $0,15 \times 2400 = 360 \text{ Kg/m}^2$

- |                    |                         |
|--------------------|-------------------------|
| Plafon+Penggantung | : 18 Kg/m <sup>2</sup>  |
| Tegel              | : 24 Kg/m <sup>2</sup>  |
| Spesi (2 cm)       | : 42 Kg/m <sup>2</sup>  |
| Ducting + Plumbing | : 30 Kg/m <sup>2</sup>  |
| qd                 | : $\sum$ beban mati     |
|                    | : 474 Kg/m <sup>2</sup> |
- Beban Hidup
  - |                    |                         |
|--------------------|-------------------------|
| Beban Lantai Rusun | : 192 Kg/m <sup>2</sup> |
| ql                 | : $\sum$ beban rusun    |
|                    | : 192 Kg/m <sup>2</sup> |
  - Kombinasi Pembebanan
  - |   |                         |
|---|-------------------------|
| Q | : 1,2 D + 1,6 L         |
| Q | : 1,2 x 474 + 1,6 x 192 |
| Q | : 876 Kg/m <sup>2</sup> |

➤ **Sebelum Komposit**

- Beban Mati
- |                          |                         |                         |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Pelat Lantai= 0,1 x 2400 | : 240 Kg/m <sup>2</sup> |                         |
| Overtopping              | : 0,05 x 2400           | = 120 Kg/m <sup>2</sup> |
| qd                       | : 240 + 120             | = 360 Kg/m <sup>2</sup> |
- Beban Hidup
- |             |                       |
|-------------|-----------------------|
| Beban Rusun | : 0 Kg/m <sup>2</sup> |
| ql          | : 0 Kg/m <sup>2</sup> |
- Kombinasi Pembebanan
- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| Q | : 1,4 D                       |
| Q | : 1,4 x 360 Kg/m <sup>2</sup> |
| Q | : 504 Kg/m <sup>2</sup>       |

#### 4.3.3.3. Perhitungan Tulangan Pelat

Perhitungan pelat terdiri dari berbagai tipe yaitu tipe pelat 1,2,3,4,5 dan 6. Selanjutnya akan ditampilkan contoh perhitungan penulangan pada pelat tipe 1 dengan dimensi total adalah 2 x 2,2625 m. perhitungan penulangan pelat akan direncanakan dalam dua tahap, yaitu tahap pertama penulangan setelah komposit dan sebelum komposit. Lalu dipilih tulangan yang layak untuk



digunakan yaitu dengan cara memperhitungkan tulangan paling kritis diantara kedua keadaan tersebut. Berikut ini merupakan contoh penulangan pada pelat tipe 1.

➤ **Setelah Komposit**

Untuk beton  $f_c' = 35$  Mpa berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3 harga  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{f_c' - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{35 - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.8$$

$$dx = h_{\text{komposit}} - d' - 0.5 \times D$$

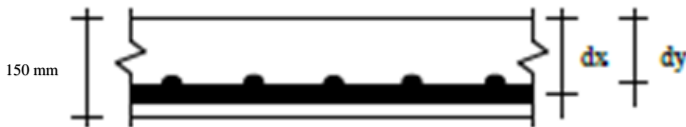
$$dx = 150 - 30 - 0.5 \times 10$$

$$dx = 115 \text{ mm}$$

$$dy = h_{\text{komposit}} - d' - D_{\text{arah x}} - D_{\text{arah y}}$$

$$dy = 150 - 30 - 10 - 10$$

$$dy = 100 \text{ mm}$$



Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'}$$

$$m = \frac{420}{0.85 \times 35}$$

$$m = 14,12$$

$$\rho_{\min} = 0.0018 \text{ (berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 7.12.2.1 (b))}$$

$$\rho b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B)}$$

$$\rho b = \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{420} \times \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,03$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho b$$

$$\rho_{\max} = 0.025$$

- **Perhitungan Momen pada Tumpuan dan Lapangan**

Pada pelat tipe 1, diketahui merupakan pelat satu arah. Sehingga direncanakan moemen yang terjadi sebagai berikut:

$$M = \frac{1}{8} \times q \times L^2$$

$$M = \frac{1}{8} \times 876 \times 2.375^2$$

$$M = 617,65 \text{ kgm}$$

- **Penulangan Arah X**

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2},$$

$\phi=0.9$  (penampang terkontrol Tarik, SNI 2847:2013 Lamp C)

$$R_n = \frac{617,65 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 115^2}$$

$$R_n = 0,52 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{14,12} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,12 \times 0,52}{420}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.0012 < \rho_{\min} = 0.0018. \text{ Pakai } \rho_{\min}.$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 115 \\ &= 207 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{Tulangan}} &= \frac{As_{\text{perlu}}}{As(D10)} \\
 &= \frac{207}{78.57} \\
 &\approx 3 \text{ buah} \\
 S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{3} \\
 &= 333,33 \text{ mm} \\
 S_{\text{max}} &= 450 \text{ mm}^2 \text{ (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)} \\
 As_{\text{pakai}} &= n \times As(D10) \\
 &= 3 \times 78.57 \\
 &= 235,71 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Maka, digunakan tulangan lentur arah x D10 – 300 mm**

- **Kontrol Tarik Tulangan**

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{AS \times f_y}{0.85 \times bw \times f_c'} \\
 a &= \frac{235,71 \times 420}{0.85 \times 1000 \times 35} = 3,328 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 c &= \frac{3,328}{0,8} = 4,16 \text{ mm} \\
 \varepsilon_t &= \frac{d - c}{c} \times 0.003 \\
 \varepsilon_t &= \frac{115 - 4,16}{4,16} \times 0.003 = 0,0799 > 0.005 \text{ (ok)}
 \end{aligned}$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.**

- **Penulangan Arah Y**

Pada penulangan arah y dipasang tulangan pembagi yang berguna untuk menahan susut dengan nilai  $\rho_{\min} = 0.0018$  (SNI 2847 : 2013, pasal 7.12.2.1 (b))

$$\begin{aligned}\text{As Perlu} &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 100 \\ &= 180 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78.57 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{180}{78.57} \approx 3 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{3} \\ &= 333.333 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\max} = 450 \text{ mm (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned}\text{As pakai} &= n \times \text{As (D10)} \\ &= 3 \times 78.57 = 235.71 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

**Maka, digunakan tulangan susut arah y D10-300 mm**

➤ **Sebelum Komposit**

Untuk beton  $f_c' = 35 \text{ Mpa}$  berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3 harga  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{f_c' - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{35 - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.8$$

$$dx = h_{\text{komposit}} - d' - 0.5 \times D$$

$$dx = 100 - 30 - 0.5 \times 10$$

$$dx = 65 \text{ mm}$$

$$dy = h_{\text{komposit}} - d' - D_{\text{arah x}} - D_{\text{arah y}}$$

$$dy = 100 - 30 - 10 - 10$$

$$dy = 50 \text{ mm}$$



Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_{c'}}$$

$$m = \frac{420}{0.85 \times 35}$$

$$m = 14,12$$

$$\rho_{\min} = 0.0018 \text{ (berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 7.12.2.1 (b))}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B)}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{420} \times \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,033$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times 0,033 = 0,025$$

- **Perhitungan Momen pada Tumpuan dan Lapangan**

Pada pelat tipe 1, diketahui merupakan pelat satu arah.

Sehingga direncanakan moemen yang terjadi sebagai berikut:

$$M = \frac{1}{8} \times q \times L^2$$

$$M = \frac{1}{8} \times 504 \times 2,375^2$$

$$M = 355,4 \text{ kgm}$$

- **Penulangan Arah X**

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2},$$

$\phi=0.9$  (penampang terkontrol Tarik, SNI2847:2013 Lamp. C)

$$Rn = \frac{355,4 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 65^2}$$

$$Rn = 0,93 \text{ Mpa}$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}}\right)$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{14,12} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,12 \times 0,93}{420}}\right)$$

$$\rho \text{ perlu} = 0.0023 > \rho \text{ min} = 0.0018$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0.0023 \times 1000 \times 65 \\ &= 146,98 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{146,98}{78,57} \\ &\approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$S_{\text{tulangan}} = \frac{1000}{2} = 500 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}^2 \text{ (SNI 2847:2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n \times \text{As (D10)} \\ &= 2 \times 78,57 \\ &= 157,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**Maka, digunakan tulangan lentur arah x D10 – 400 mm**

- **Kontrol Tarik Tulangan**

$$a = \frac{AS \times fy}{0.85 \times bw \times fc'}$$

$$a = \frac{157,15 \times 420}{0,85 \times 1000 \times 35} = 2,22 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$c = \frac{2,22}{0,8} = 2,775 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0.003$$

$$\varepsilon_t = \frac{65 - 2,775}{2,775} \times 0.003 = 0,067 > 0.005 \text{ (ok)}$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.**

- **Penulangan Arah Y**

Pada penulangan arah y dipasang tulangan pembagi yang berguna untuk menahan susut dengan nilai  $\rho_{\min} = 0.0018$  (SNI 2847 : 2013, pasal 7.12.2.1 (b))

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 50 \\ &= 90 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{90}{78.57} \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{2} \\ &= 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\max} = 450 \text{ mm (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n \times \text{As (D10)} \\ &= 2 \times 78.57 \\ &= 157.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**Maka, digunakan tulangan susu arah y D10-400 mm**

### ➤ Pengangkatan

Untuk kondisi pengangkatan menggunakan beton usia 7 hari  $f_c' = 24,5$  Mpa, berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3 harga  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{f_c' - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{24,5 - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0,875$$

$$dx = h_{\text{komposit}} - d' - 0.5 \times D$$

$$dx = 100 - 30 - 0.5 \times 10$$

$$dx = 65 \text{ mm}$$

$$dy = h_{\text{komposit}} - d' - D_{\text{arah x}} - D_{\text{arah y}}$$

$$dy = 100 - 30 - 10 - 10$$

$$dy = 50 \text{ mm}$$



Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'}$$

$$m = \frac{420}{0.85 \times 24,5} = 20,17$$

$\rho_{\min} = 0.0018$  (berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 7.12.2.1 (b))

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B)}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0,875 \times 24,5}{420} \times \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,026$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times 0,026 = 0,0195$$



- **Perhitungan Momen Akibat Pengangkatan saat Instalasi**  
Berdasarkan *Pci Handbook 6<sup>th</sup>* Pasal 5.3, momen yang terjadi pada saat pengangkatan 4 titik angkat sebagai berikut:

$$M_x = 0.0107 \times w \times a^2 \times b$$

$$M_y = 0.0107 \times w \times a \times b^2$$

Dimana,

$$W = h_{\text{precast}} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$W = 0.1 \times 2400$$

$$W = 240 \text{ kg/m}^2$$

$$a = 2 \text{ m}$$

$$b = 2,625 \text{ m}$$

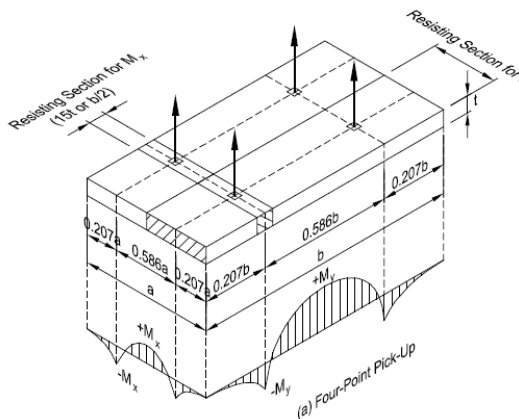
sehingga,

$$M_x = 0.0107 \times 240 \times 2,625^2 \times 2$$

$$M_x = 26,964 \text{ kgm}$$

$$M_y = 0.0107 \times 240 \times 2,625 \times 2^2$$

$$M_y = 35,39 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 15 Momen Pengangkatan Pelat Pracetak  
(*PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete, 6th Edition, 2004*)

- **Penulangan Arah X**

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2},$$

$\phi=0.9$  (penampang terkontrol Tarik, SNI 2847:2013 Lamp.C)

$$Rn = \frac{26,964 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 65^2}$$

$$Rn = 0,07 \text{ Mpa}$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}}\right)$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{20,17} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 20,17 \times 0,07}{420}}\right)$$

$$\rho \text{ perlu} = 0,00017 < \rho \text{ min } 0,0018$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 65 \\ &= 117 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{117}{78.57} \\ &\approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{2} \\ &= 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}^2 \text{ (SNI 2847:2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n \times \text{As (D10)} \\ &= 2 \times 78.57 \\ &= 157.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**Maka, digunakan tulangan lentur arah x D10 – 400 mm**

- **Kontrol Tarik Tulangan**

$$a = \frac{AS \times f_y}{0.85 \times b_w \times f_c'}$$

$$a = \frac{157,14 \times 420}{0.85 \times 1000 \times 35} = 2,22 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$c = \frac{2,22}{0,8} = 2,775 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0.003$$

$$\varepsilon_t = \frac{65 - 2,775}{2,775} \times 0.003 = 0,067 > 0.005 \text{ (ok)}$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.**

- **Penulangan Arah Y**

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d \times x^2},$$

$\phi=0.9$  (penampang terkontrol Tarik, SNI 2847:2013 Lamp.C)

$$R_n = \frac{35,39 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 50^2}$$

$$R_n = 0,157 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}}\right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{20,17} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 20,17 \times 0.157}{420}}\right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.00038 < \rho_{\text{min}} = 0.0018$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 50 \\ &= 90 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ Tulangan} &= 78.57 \text{ mm}^2 \\
 &= \frac{As \text{ perlu}}{As (D10)} \\
 &= \frac{90}{78.57} \\
 &\approx 2 \text{ buah} \\
 S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{2} \\
 &= 500 \text{ mm} \\
 S_{\text{max}} &= 450 \text{ mm (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)} \\
 As \text{ pakai} &= n \times As (D10) \\
 &= 2 \times 78.57 \\
 &= 157.14 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Maka, digunakan tulangan lentur arah y D10 – 400 mm**

- **Kontrol Tarik Tulangan**

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{AS \times f_y}{0.85 \times b_w \times f_c'} \\
 a &= \frac{157,14 \times 420}{0.85 \times 1000 \times 35} = 2,22 \text{ mm} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 c &= \frac{2,22}{0,8} = 2,775 \text{ mm} \\
 \varepsilon_t &= \frac{d - c}{c} \times 0.003 \\
 \varepsilon_t &= \frac{65 - 2,775}{2,775} \times 0.003 = 0,067 > 0.005 \text{ (ok)}
 \end{aligned}$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.**

#### 4.3.3.5. Panjang Penyaluran Tulangan Pelat

Panjang penyaluran harus disediakan cukup untuk tulangan pelat sebelum dan sesudah komposit, panjang penyaluran didasarkan pada SNI 2847 : 2013 pasal 12.5. sebagai berikut :

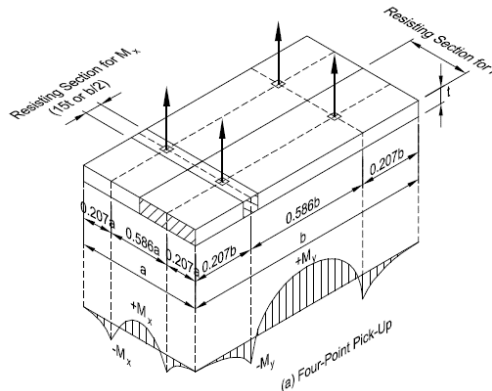
- $I_{dh} > 8 \times D_b = 8 \times 10 = 80 \text{ mm}$
- $I_{dh} > 150 \text{ mm}$

- $$\begin{aligned}
 I_{hb} &= \frac{100 \times Db}{\sqrt{fc'}} \times \frac{fy}{400} \\
 &= \frac{100 \times 10}{\sqrt{35}} \times \frac{420}{400} \\
 &= 177,48 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Maka dipakai panjang penyaluran 200 mm**

#### 4.3.3.6. Pengangkatan Pelat

Dalam pemasangan pelat pracetak, pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Contoh perhitungan akan diambil pelat tipe 1 dengan dimensi 2 x 2,625 m dengan 4 titik pengangkatan.



**Gambar 4. 16 Jarak Tulangan Angkat**

*(PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete, 6th Edition, 2004)*

- Perhitungan Tulangan Angkat Pelat**

$$\begin{aligned}
 DL &= h_{\text{pracetak}} \times p \times l \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 0.1 \times 2 \times 2,625 \times 2400 \\
 &= 1260 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$q = K \times DL$$

Dimana,

$K$  = factor kejut = 1.2 (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

$$q = 1.2 \times 1260$$

$$q = 1512 \text{ Kg} = 15,12 \text{ Kn}$$

Gaya angkat  $T_u$  setiap tulangan :

$$T_u = \frac{q}{4}$$

$$T_u = \frac{15,12}{4}$$

$$T_u = 3.78 \text{ kN}$$

Menurut PPBBI pasal 2.2.2, Tegangan Tarik ijin Baja adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{ijin} = \frac{f_y}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{420}{1.5} = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

Maka diameter tulangan angkat :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times T_u}{\pi \times \sigma}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 3.78 \times 100}{\pi \times 2800}}$$

$$D = 0,4 \text{ cm} = 4 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm}$$

**Maka digunakan tulangan angkat D10**

- **Kontrol Tulangan Angkat**

Kontrol momen pengangkatan diperlukan untuk mengetahui tegangan yang terjadi saat pengangkatan dan harus kurang dari tegangan izin yang disyaratkan dalam *PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*, pasal 5.3.3.2 .

$$\sigma_{\text{pelat}} < \sigma_{\text{ijin}}$$

Dimana,

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{0.7 \times \sqrt{f_c'}}{SF}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{0.7 \times \sqrt{24,5}}{1.5} = 2.31 \text{ Mpa}$$

- Momen Akibat Berat Sendiri Saat Pengangkatan  
Berdasarkan *PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*, pasal 5.3.3.2, momen diperhitungkan dari arah x dan arah y, diambil yang memiliki momen paling besar.

$$M_x = 0.0107 \times 240 \times 2^2 \times 2,625$$

$$M_x = 26,96 \text{ kgm}$$

$$M_y = 0.0107 \times 240 \times 2 \times 2,625^2$$

$$M_y = 35,39 \text{ kgm (menentukan)}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times \frac{a}{2} \times (h \text{ pracetak})^2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times \frac{200}{2} \times (10)^2$$

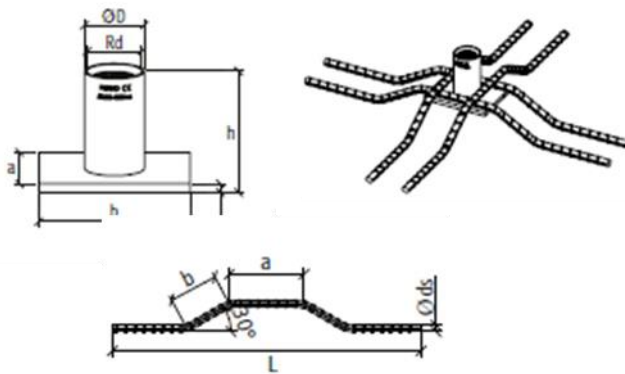
$$Z = 1666,7 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{\text{Pelat}} = \frac{55.47 \times 10000}{1666,7 \times 1000}$$

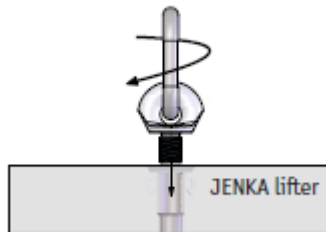
$$\sigma_{\text{pelat}} = 0.212 \text{ Mpa} < \sigma_{\text{ijin}} = 2,31 \text{ Mpa (OK)}$$

- **Pemilihan Profil Tulangan Angkat**

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis *Jenka Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan adalah *Jenka PSA Short Insert* dengan kait *JL*. Disetiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 4 kN dengan sudut 0° - 90°.



Gambar 4. 17 Profil PSA dan Perkuatan



Gambar 4. 18 Kait Jenka Lifter

#### 4.3.3.7. Kontrol Lendutan Pelat

Kontrol lendutan dihitung untuk mengetahui besarnya lendutan yang terjadi saat komposit, dimana beban hidup sudah mulai bekerja. Pehitungan lendutan pelat dihitung berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 9.5. sebagai berikut:



- **Data Perencanaan**

$$h : 150 \text{ mm}$$

$$b : 2000 \text{ mm}$$

$$y_t : \frac{h}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ mm}$$

- **Lendutan Pelat Akibat Beban Mati Saja**

$$q_{\text{pelat}} : 1125,75 \text{ kg/m}$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times 2000 \times 150^3$$

$$I_g = 562.500.000 \text{ mm}^4$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.3, diketahui nilai  $f_r$  sebagai berikut :

$$f_r = 0.62 \sqrt{f_c}$$

$$f_r = 0.62 \sqrt{35}$$

$$f_r = 3,67 \text{ Mpa}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{y_t}$$

$$M_{cr} = \frac{3.67 \times 562.500.000}{75 \times 10^6}$$

$$M_{cr} = 27,5 \text{ kNm}$$

$$M_a = M_d = \frac{1}{8} \times q \times l^2$$

$$M_a = M_d = \frac{\frac{1}{8} \times 1125,75 \times 2^2}{100}$$

$$M_a = M_d = 5,63 \text{ kNm}$$

$$M_{cr} > M_a$$

$$27,5 \text{ kNm} > 5,63 \text{ kNm} \rightarrow \text{tidak perlu transformasi}$$

Sehingga,

$$M_{cr} = M_a$$

$$I_e = I_g$$

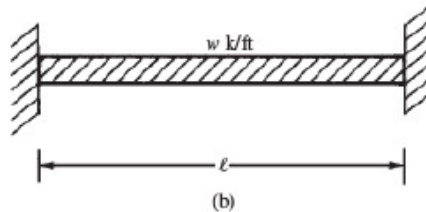
$$I_e = 562.500.000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_{c'}}$$

$$E_c = 4700\sqrt{35}$$

$$E_c = 27.805,57 \text{ Mpa}$$

Defleksi yang terjadi pada pelat lantai dan pelat direncanakan sesuai dengan gambar 4.21



Gambar 4. 19 Defleksi pada Pelat

$$\delta D = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E_c \times I_e}$$

$$\delta D = \frac{5 \times 11,2575 \times 2000^4}{384 \times 27.805,7 \times 562.500.000}$$

$$\delta D = 0,15 \text{ mm}$$

- **Lendutan Pelat Akibat Beban Mati dan Hidup**

q pelat : 1581,75 kg/m

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times 2000 \times 150^3$$

$$I_g = 562.500.000 \text{ mm}^4$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.3, diketahui nilai  $f_r$  sebagai berikut :

$$f_r = 0.62 \sqrt{f_c}$$

$$f_r = 0.62 \sqrt{35}$$

$$f_r = 3.67 \text{ Mpa}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{y_t}$$

$$M_{cr} = \frac{3.67 \times 562.500.000}{75 \times 10^6}$$

$$M_{cr} = 27,5 \text{ kNm}$$

$$M_a = M_d = \frac{1}{8} \times q \times l^2$$

$$M_a = M_d = \frac{\frac{1}{8} \times 1581,75 \times 2^2}{100}$$

$$M_a = M_d = 7,9 \text{ kNm}$$

$$M_{cr} > M_a$$

27,5 kNm > 7,9 kNm → tidak perlu transformasi

Sehingga,

$$M_{cr} = M_a$$

$$I_e = I_g$$

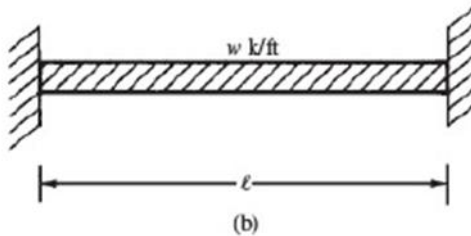
$$I_e = 562.500.000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{35}$$

$$E_c = 27.805,57 \text{ Mpa}$$

Defleksi yang terjadi pada pelat lantai dan pelat direncanakan sesuai dengan gambar 4.20



Gambar 4. 20 Defleksi pada Pelat

$$\delta D = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times Ec \times Ie}$$

$$\delta D = \frac{5 \times 15,8175 \times 2000^4}{384 \times 27.805,57 \times 562.500.000}$$

$$\delta(D + L) = 0,21 \text{ mm}$$

Lendutan yang dihitung pada pelat adalah lendutan yang terjadi akibat beban hidup yang terjadi pada pelat, sehingga didapatkan lendutan seketika akibat beban hidup sebagai berikut :

$$\delta L = \delta(D + L) - \delta D$$

$$\delta L = 0,21 - 0,15$$

$$\delta L = 0.06 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 9.5.2.5, lendutan jangka panjang yang terjadi pada pelat dihitung berdasarkan factor tergantung waktu, sebagai berikut:

Duration of Load	Time Factor $\xi$
5 years or more	2.0
12 months	1.4
6 months	1.2
3 months	1.0

Gambar 4. 21 Faktor Lendutan Jangka Panjang

Sehingga didapatkan lendutan jangka panjang akibat beban hidup yang terjadi pada pelat, sebagai berikut :

$$\delta L(\text{long term}) = \delta L(\text{short term}) \times \epsilon$$

$$\delta L(\text{long term}) = 0,06 \times 2$$

$$\delta L(\text{long term}) = 0,12 \text{ mm}$$

Lendutan izin yang disyaratkan dalam SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1 tabel 9.5(a) adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 31 Lendutan Izin Maksimum

Jenis komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Atap datar yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup L	$l/180^a$
Lantai yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup L	$l/360$
Jenis komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika, akibat penambahan beban hidup) <sup>1</sup>	$l/480^b$
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar.		$l/240^b$
<sup>a</sup> Batasan ini tidak dimaksudkan untuk mencegah kemungkinan penggenangan air. Kemungkinan penggenangan air harus diperiksa dengan melakukan perhitungan lendutan, termasuk lendutan tambahan akibat adanya penggenangan air tersebut, dan mempertimbangkan pengaruh jangka panjang dari beban yang selalu bekerja, lawan lendut (camber), toleransi konstruksi, dan keandalan sistem drainase. <sup>1</sup> Lendutan jangka panjang harus dihitung berdasarkan ketentuan 9.5.2.5 atau 9.5.4.3, tetapi boleh dikurangi dengan nilai lendutan yang terjadi sebelum penambahan komponen non-struktur. Besarnya nilai lendutan ini harus ditentukan berdasarkan data teknis yang dapat diterima berkenaan dengan karakteristik hubungan waktu dan lendutan dari komponen struktur yang serupa dengan komponen struktur yang ditinjau. <sup>b</sup> Batas lendutan boleh dilampaui bila langkah pencegahan kerusakan terhadap komponen yang ditumpu atau yang disatukan telah dilakukan. <sup>c</sup> Batas lendutan tidak boleh lebih besar dari toleransi yang disediakan untuk komponen non-struktur. Batasan ini boleh dilampaui bila ada lawan lendut yang disediakan sedemikian hingga lendutan total dikurangi lawan lendut tidak melebihi batas lendutan yang ada.		

Sehingga didapatkan lendutan izin pelat lantai sebagai berikut :

$$\delta_{izin} = \frac{l}{480}$$

$$\delta_{izin} = \frac{2625}{480}$$

$$\delta_{izin} = 5,47 \text{ mm}$$

$$\delta_{izin} > \delta L(\text{long term})$$

$$5,47 \text{ mm} > 0,12 \text{ mm (OK !)}$$

Berikut tabel rekapitulasi penulangan pelat lantai pada Rumah Susun Tambak Osowilangun

Tabel 4. 32 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai

Pelat	Penulangan								Tegangan saat Pengangkatan		Lendutan	
	Sesudah Komposit		Sesudah OverTopping		Pengangkatan		Tulangan Pakai		$\sigma_{\text{pelat}}$ (Mpa)	$\sigma_{\text{ijin}}$ (Mpa)	Lendutan	Lendutan
											Longterm	izin (mm)
Pelat Type 1	Arah X	D10-300	Arah X	D10-400	Arah X	D10-400	Arah X	D10-300	0.212342	2.309882152	0.121478	5.46875
Pelat Type 2	Arah Y	D10-300	Arah Y	D10-400	Arah Y	D10-400	Arah Y	D10-300	0.241597	2.309882152	0.12787	5.633333
Pelat Type 3	Arah X	D10-300	Arah X	D10-400	Arah X	D10-400	Arah X	D10-300	0.241597	2.309882152	0.420869	5.633333
Pelat Type 4	Arah Y	D10-300	Arah Y	D10-400	Arah Y	D10-400	Arah Y	D10-300	0.169974	2.309882152	0.192571	3.645833
Pelat Type 5	Arah X	D10-300	Arah X	D10-400	Arah X	D10-400	Arah X	D10-300	0.212342	2.309882152	0.40999	5.46875
Pelat Type 6	Arah Y	D10-300	Arah Y	D10-400	Arah Y	D10-400	Arah Y	D10-300	0.169974	2.309882152	0.213301	3.645833

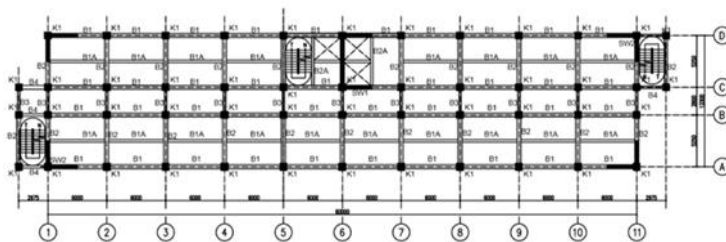
#### 4.3.4. Perencanaan Balok Anak Pracetak

Pada perencanaan balok anak, beban yang diterima oleh balok anak berupa beban persegi biasa. Itu dikarenakan pelat pracetak hanya menumpu dua titik tumpu, titik tumpu pertama ada di balok induk serta titik tumpu yang kedua berada di balok anak.

##### 4.3.4.1. Data Perencanaan Balok Anak Pracetak

Dalam perhitungan sub-bab ini, akan dilakukan perhitungan dengan beberapa kondisi. Kondisi tersebut antara lain saat balok komposit, sebelum komposit dan saat pengangkatan. Berdasarkan kondisi tersebut maka terdapat dua dimensi balok anak yaitu dimensi sebelum komposit dan dimensi sesudah komposit. Contoh perhitungan pada balok anak B1A:

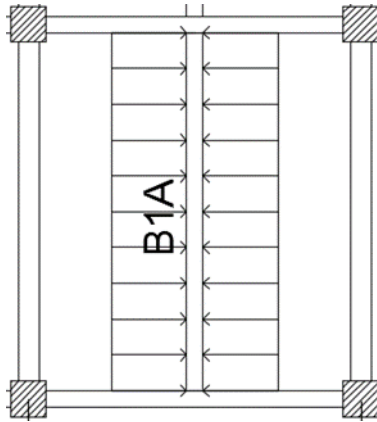
- Dimensi Komposit : 25 x 35 cm
- Dimensi Halfbeam : 25 x 20 cm
- Tebal Overtopping Balok : 15 cm
- $f_c'$  : 35 Mpa
- $f_y$  : 420 Mpa
- L : 6 m
- $L_x$  :  $L - b_{\text{balok induk}}$   
: 6 – 0,3 m  
: 5,7 m
- $D_{\text{longitudinal}}$  : 22 mm
- $D'_{\text{transversal}}$  : 10 mm
- Decking ( $d'$ ) : 40 mm



Gambar 4. 22 Denah Balok Anak (B1A-B2A)

#### 4.3.4.2. Pembebanan Balok Anak Pracetak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri anak tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan berat hidup merata di atasnya). Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dianggap sebagai beban persegi panjang pada bentang balok anak dikarenakan pelat yang menumpu pada balok anak adalah pelat satu arah. Beban berbentuk persegi panjang yang dimaksud dapat dilihat pada gambar 4.23. berikut:



Gambar 4. 23 Distribusi Beban pada Balok Anak Sebelum Komposit

➤ **Pembebanan Sebelum Komposit**

Pembebanan sebelum komposit terjadi pada saat komponen balok anak sudah terinstall dan sedang dalam proses pengecoran overtopping, namun beban hidup pada lantai belum bekerja.

- **Beban Mati**

- Berat sendiri balok :  $b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
                                   :  $0,25 \times 0,20 \times 2400$   
                                   : 120 kg/m



- Berat Overtopping :  $b_{\text{halfbeam}} \times t_{\text{overtopping}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
                               :  $0,25 \times 0,15 \times 2400$   
                               : 90 kg/m
- Berat Pelat : 360 kg/m<sup>2</sup>  
       (berdasar perhitungan pelat lantai)
- Luas Pelat :  $P_{\text{pelat}} \times L_{\text{pelat}}$   
                   :  $6 \times 2,625$   
                   : 15,75 m<sup>2</sup>
- qd :  $120 + 90 + ((360 \times 15,75)/5,7)$   
           : 1204,7 kg/m
- Kombinasi Beban  
   qu :  $1.4 \times qd$   
   qu :  $1.4 \times 1204,7$   
   qu : 1686,6 kg/m

➤ **Pembebanan Saat Pengangkatan**

- **Beban Mati**
  - Berat Sendiri :  $b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
                               :  $0,25 \times 0,2 \times 2400$   
                               : 120 kg/m
  - qd : 120 kg/m
- **Kombinasi Beban**  
   qu :  $1.4 \times qd$   
   qu :  $1.4 \times 120$   
   qu : 168 kg/m

#### **4.3.4.3. Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak Pracetak**

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur pada balok anak, perlu dihitung rasio tulangan minimum dan maksimum pada tulangan, sebagai berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f'c'}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{420} = 0,003521 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{420} = 0.003333$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f_{c'} - 28)}{7} \text{ (SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3)}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(35 - 28)}{7} = 0.8$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2))}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0.033$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \text{ (menentukan) (SNI 2847:2013 psl 21.5.2.1)}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B (10.3.3))}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times 0.033 = 0.025$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_{c'}} = \frac{420}{0.85 \times 35} = 14,12$$

#### a. Perhitungan Tulangan Lentur Setelah Komposit

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2}D$$

$$dx = 350 - 40 - 10 - \frac{1}{2}22 = 289 \text{ mm}$$

Momen yang terjadi pada balok anak setelah balok anak komposit diambil dari hasil permodelan pada program bantu ETABS.

$$M_{\text{tumpuan}} = 0 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan}} = 10279 \text{ kgm}$$

$$V_u = 5434 \text{ kg}$$

#### • Tulangan Negatif di Tumpuan

Karena M di tumpuan balok anak hasil dari program bantu ETABS 0 kgm, maka digunakan  $\rho_{\min} = 0,003521$

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho \times b_w \times dx$$

$$A_{\text{Sperlu}} = 0.003521 \times 250 \times 289 = 254,4 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380,2857 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{254,4}{380,2857}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 1 \text{ buah. } n \text{ pakai} = 2$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 106 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D22)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 380,2857 = 760,5714 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D22**

#### - Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{AS_{pakai}}{bw \times dx}$$

$$\rho = \frac{760,5714}{250 \times 289} = 0,01 > 0,003521 \text{ (ok)}$$

$$a = \frac{AS \times f_y}{0,85 \times bw \times f_c'}$$

$$a = \frac{760,5714 \times 420}{0,85 \times 250 \times 35} = 42,95 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$c = \frac{42,95}{0,8} = 53,7 \text{ mm}$$

$$\varepsilon t = \frac{d - c}{c} \times 0.003$$

$$\varepsilon t = \frac{289 - 53,7}{53,7} \times 0.003 = 0,013 > 0.005 \text{ (ok)}$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.**

- **Tulangan Positif di Tumpuan**

$$AS_{\text{perlu}} = \frac{254,4}{2} = 127,2 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380,2857 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{127,2}{380,2857}$$

$n \text{ tulangan} \approx 1 \text{ buah}$ . n pakai 2 buah

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$S \text{ tulangan} = 106 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D22**

- **Tulangan Positif di Lapangan**

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx^2} = \frac{10279 \times 10^4}{0.9 \times 250 \times 289^2} = 5,47 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,12} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 14,12 x 5,47}{420}} \right) = 0,0145$$

$$p_{min} < \rho < p_{max}$$

$$0,003521 < 0,0145 < 0,025. \text{ Maka } \rho \text{ pakai} = 0,0145$$

$$AS_{perlu} = \rho x bw x dx$$

$$AS_{perlu} = 0,0145 x 250 x 289 = 1048,3 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} x \pi x 22^2 = 380,2857 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{1048,3}{380,2857}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 3 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n x D(22) - 2 x d' - 2 x D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 4 x 22 - 2 x 40 - 2 x 10}{3 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 42 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$AS \text{ pakai} = 3 x 380,2857 = 1140,9 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan  
3D22**

#### - Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{AS_{pakai}}{bw x dx}$$

$$\rho = \frac{1140,9}{250 x 289} = 0,016 > 0,0145 \text{ (ok)}$$

$$a = \frac{AS x f_y}{0,85 x bw x f_c'}$$

$$a = \frac{1140,9 \times 420}{0,85 \times 250 \times 35} = 64,4 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$c = \frac{64,4}{0,8} = 80,53 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0,003$$

$$\varepsilon_t = \frac{289 - 80,53}{80,53} \times 0,003 = 0,0078 > 0,005 \text{ (ok)}$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  dapat digunakan.**

- **Tulangan Negatif di Lapangan**

$$AS_{\text{perlu}} = \frac{1048,3}{2} = 524,15 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380,2857 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D22)} = \frac{524,15}{380,2857} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 106 \text{ mm} > 25 \text{ mm (Ok)}$$

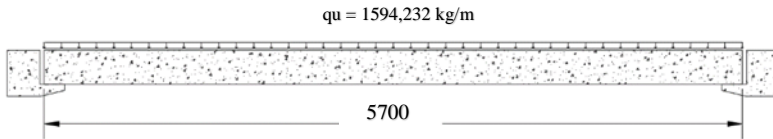
**Maka digunakan tulangan Lentur negatif Lapangan  
2D22**

### b. Perhitungan Tulangan Lentur Sebelum Komposit

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2}D$$

$$dx = 200 - 40 - 10 - \frac{1}{2}22 = 139 \text{ mm}$$

Momen yang terjadi pada balok anak sebelum balok anak komposit dihitung dengan beranggapan tumpuan pada balok anak adalah tumpuan sederhana, sehingga momen pada tumpuan dianggap tidak ada.



Gambar 4. Pembebanan Balok Anak

$$M_{\text{tumpuan}} = 0 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan}} = \frac{1}{8} \times qu \times Lx^2 = \frac{1}{8} \times 1686,6 \times 5,7^2$$

$$M_{\text{lapangan}} = 6849,8 \text{ kgm}$$

- **Tulangan Negatif di Tumpuan**

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga menggunakan pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0,003521 \times 250 \times 139 = 122,37 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380,2857 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{122,37}{380,2857}$$

$n \text{ tulangan} \approx 1 \text{ buah. } n \text{ pakai} = 2 \text{ buah.}$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 106 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D22)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 380,2857 = 760,5714 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D22**

- **Tulangan Positif di Tumpuan**

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0.003521 \times 250 \times 139 = 122,37 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380,2857 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{122,37}{380,2857}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 1 \text{ buah. } n \text{ pakai} = 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 106 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D22**



- **Tulangan Positif di Lapangan**

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx^2} = \frac{6849,8 \times 10^4}{0,9 \times 250 \times 139^2} = 15,8 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,12} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,12 \times 15,8}{420}} \right) = \infty (\text{tak terdefinisi})$$

maka dipakai  $\rho = 0,003521$

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0,003521 \times 250 \times 139 = 122,37 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380,2857 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{122,37}{380,2857}$$

$n \text{ tulangan} \approx 1 \text{ buah}$ . n pakai 2 buah.

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 106 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 2D22**

- **Kontrol Kekuatan**

$$\rho = \frac{AS_{pakai}}{bw \times dx}$$

$$\rho = \frac{760,5714}{250 \times 139} = 0,022 > 0,003521 (\text{ok})$$

$$a = \frac{AS \times f_y}{0.85 \times b_w \times f_c'}$$

$$a = \frac{760,5714 \times 420}{0.85 \times 250 \times 35} = 42,95 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$c = \frac{42,95}{0.8} = 53,69 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0.003$$

$$\varepsilon_t = \frac{139 - 53,69}{53,69} \times 0.003 = 0,0048 < 0.005 \text{ (Not ok)}$$

**Maka factor Reduksi  $\phi = 0.9$  tidak dapat digunakan.**

**Digunakan factor Reduksi  $\phi = 0,75$**

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b_w \times d \times 2} = \frac{6849,8 \times 10^4}{0.75 \times 250 \times 139^2} = 18,9 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,12} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,12 \times 18,9}{420}} \right) = \infty \text{ (tak terdefinisi)}$$

maka dipakai  $\rho = 0.003521$

$$AS_{perlu} = \rho \times b_w \times d$$

$$AS_{perlu} = 0.003521 \times 250 \times 139 = 122,37 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380,2857 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{122,37}{380,2857}$$

$n \text{ tulangan} \approx 1 \text{ buah.}$  n pakai 2 buah.

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 106 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan  
2D22**

- **Tulangan Negatif di Lapangan**

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0.003521 \times 250 \times 139 = 122,37 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380,2857 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{122,37}{380,2857}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 1 \text{ buah. } n \text{ pakai} = 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

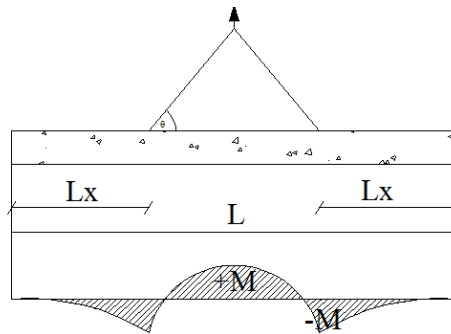
$$S \text{ tulangan} = 106 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan  
2D22**

**c. Perhitungan Tulangan Lentur saat Pengangkatan**

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2} D$$

$$dx = 200 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 22 = 139 \text{ mm}$$



Gambar 4. 24 Pengangkatan Balok

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left( 1 - 4X + \frac{4Yc}{Lc \tan \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$yt = yb = \frac{h}{2} = \frac{200}{2} = 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm}$$

$$I \text{ balok} = \frac{1}{12} x b x h^3 = \frac{1}{12} x 25 x 20^3 = 16666,6 \text{ cm}^4$$

$$Yc = Yt + 5 = 10 + 5 = 15 \text{ cm}$$

Sudut angkat direncanakan  $45^\circ$

$$\theta = 45^\circ$$

$$Lx = 5,7 \text{ m}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4yc}{Lx \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} x \left( 1 + \frac{4yc}{Lx \tan \theta} \right)} \right)}$$

$$X = 0.225$$

$$X x L = 570 x 0.225 = 128,52 \text{ cm}$$

$$W = qu = 168 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$+M = 138,75 \text{ kgm}$$

$$-M = 138,75 \text{ kgm}$$

- **Perhitungan Rasio Tulangan saat Pengangkatan**

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{24,5}}{420} = 0,002946$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{420} = 0.003333 \text{ (menentukan)}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f_c' - 28)}{7} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(24,5 - 28)}{7} = 0.875$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0,8 \times 24,5}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0.0255$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \text{ (menentukan) (SNI 2847:2013 psl 21.5.2.1)}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B (10.3.3))}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times 0,0255 = 0,019$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'} = \frac{420}{0.85 \times 24,5} = 20,17$$

- **Tulangan Negatif di Tumpuan**

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $\rho_{\min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0.0033 \times 250 \times 139 = 115,83 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380,2857 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{115,83}{380,2857}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 1 \text{ buah. } n \text{ pakai} = 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 106 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif Lapangan 2D22**

- **Tulangan Positif di Tumpuan**

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $p_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.0033 \times 250 \times 139 = 115,83 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380,2857 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS(D22)} = \frac{115,83}{380,2857}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 1 \text{ buah. } n \text{ pakai} = 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 106 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Tumpuan 2D22**

- **Tulangan Positif di Lapangan**

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $\rho_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.0033 \times 250 \times 139 = 115,83 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380,2857 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{115,83}{380,2857}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 1 \text{ buah. } n \text{ pakai} = 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 106 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 2D22**

- **Tulangan Negatif di Lapangan**

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $\rho_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.0033 \times 250 \times 139 = 115,83 \text{ mm}^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D22) = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380,2857 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D22)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{115,83}{380,2857}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 1 \text{ buah. } n \text{ pakai} = 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(22) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{250 - 2 \times 22 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 106 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif Lapangan 2D22**

#### 4.3.4.4. Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak

##### a. Perhitungan Tulangan Geser Setelah Komposit

$$V_u = 5434 \text{ kg} = 54,34 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times bw \times dx$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 250 \times 289 = 71239,5 \text{ N} = 71,23946 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 71,23946 \text{ kN} = 53,43 \text{ kN}$$

$$\phi V_c \leq V_u \rightarrow \text{maka dibutuhkan tulangan geser}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi}$$

$$V_s = \frac{54,34}{0,75} = 72,45 \text{ kN}$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times A_s D10$$

$$A_v = 2 \times 78,57 = 157,14 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} = \frac{A_v \times f_y \times dx}{V_s}$$

$$S_{maks} = \frac{157,4 \times 420 \times 289}{72,45 \times 1000} = 263,3 \text{ mm}$$



Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.5.3.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

$$\frac{d}{4} = \frac{289}{4} = 72,25 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

$$< 150 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Tumpuan D10-70 mm**

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempa pada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari:

$$d/2 = 289/2 = 144,5 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Lapangan D10-140 mm**

**b. Perhitungan Tulangan Geser Sebelum Komposit**

$$Vu = qu \times 0,5Lx$$

$$Vu = 1686,6 \times 0,5 \times 5,7 = 4806,9 \text{ kg} = 48,069 \text{ kN}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c'} \times bw \times dx$$

$$Vc = \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 250 \times 139 = 34263,96 \text{ N} = 34,26 \text{ kN}$$

$$\phi Vc = 0,75 \times 34,26 \text{ kN} = 25,7 \text{ kN}$$

$$\phi Vc \leq Vu \rightarrow \text{maka dibutuhkan tulangan geser}$$

$$Vs = \frac{Vu}{\phi}$$

$$Vs = \frac{48,069}{0,75} = 64,1 \text{ kN}$$

$$As \text{ D10} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times A_s D10$$

$$A_v = 2 \times 78.57 = 157.14 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} = \frac{A_v \times f_y \times dx}{V_s}$$

$$S_{maks} = \frac{157.4 \times 420 \times 139}{64,1 \times 1000} = 143,4 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.5.3.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

$$\frac{d}{4} = \frac{139}{4} = 34,75 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

$$< 150 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Tumpuan D10-30 mm**

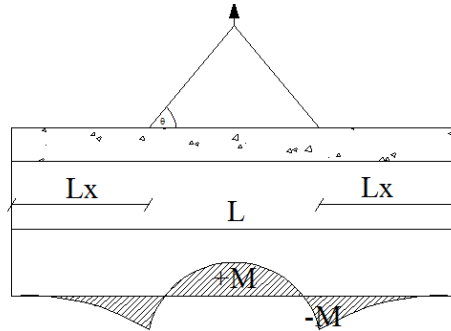
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempa pada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari:

$$\frac{d}{2} = \frac{139}{2} = 69,5 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Lapangan D10-65 mm**

#### 4.3.4.5. Pengangkatan Balok Anak Pracetak

Dalam pemasangan balok anak pracetak, balok akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Contoh perhitungan akan diambil balok tipe B1A dengan dimensi 20 x 15 cm dengan 2 titik pengangkatan.



Gambar 4. 25 Titik Angkat Balok Anak

- **Perhitungan Tulangan Angkat Pelat**

$$\begin{aligned} DL &= h_{\text{pracetak}} \times b_{\text{pracetak}} \times l_x \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0,2 \times 0,25 \times 5,7 \times 2400 \\ &= 684 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$q = K \times DL$$

Dimana,

$K = \text{factor kejut} = 1.2$  (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

$$q = 1.2 \times 684$$

$$q = 820,8 \text{ Kg}$$

Gaya angkat Tu setiap tulangan :

$$Tu = \frac{q}{2}$$

$$T_u = \frac{\frac{820,8}{100}}{2}$$

$$T_u = 4,1 \text{ kN}$$

Menurut PPBBI pasal 2.2.2, Tegangan Tarik ijin Baja adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{ijin} = \frac{f_y}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{420}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

Maka diameter tulangan angkat :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times T_u}{\pi \times \sigma}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 4,1 \times 100}{\pi \times 2800}}$$

$$D = 0,4 \text{ cm} \approx 10 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan angkat D10

- **Kontrol Tulangan Angkat**

Kontrol momen pengangkatan diperlukan untuk mengetahui tegangan yang terjadi saat pengangkatan dan harus kurang dari tegangan izin yang disyaratkan dalam *PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*, pasal 5.3.3.2 .

$$\sigma_{pelat} < \sigma_{ijin}$$

Dimana,

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.7 \times \sqrt{f_c'}}{SF}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.7 \times \sqrt{35}}{1.5} = 2,3 \text{ Mpa}$$

- Momen Akibat Berat Sendiri Saat Pengangkatan

Momen diperhitungkan sesuai perencanaan titik pengangkatan, dimana titik pengangkatan berada pada daerah tumpuan, sehingga momen yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$+ M = 138,75 \text{ kgm}$$

$$- M = 138,75 \text{ kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times b \times (h \text{ pracetak})^2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 0,25 \times (0,20)^2$$

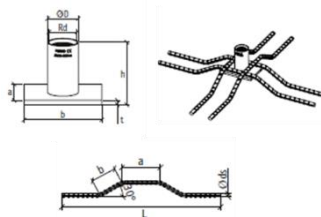
$$Z = 0,0016 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{Balok} = \frac{138,75}{0.0016} \times \frac{10}{1000000}$$

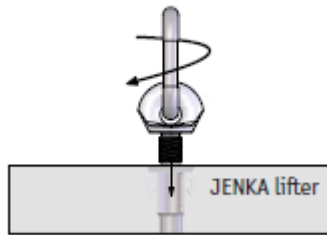
$$\sigma_{pelat} = 0,087 \text{ Mpa} < \sigma_{ijin} = 2.3 \text{ Mpa (OK)}$$

### • Pemilihan Profil Tulangan Angkat

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis *Jenka Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan adalah *Jenka PSA Short Insert* dengan kait *JL*. Disetiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 25 kN dengan sudut 0° - 90°.



Gambar 4. 26 Profil PSA dan Perkuatan



Gambar 4. 27 Kait Jenka Lifter

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan balok anak pracetak Rumah Susun Tambak Osowilangun : (Lampiran)

### 4.3.5 Perencanaan *Lift* dan Balok Penumpu *Lift*

#### 4.3.5.1. Perencanaan Lift

Pada bangunan ini menggunakan lift penumpang dengan data-data sebagai berikut: (brosur terlampir)

- Tipe lift : Passenger Elevators
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 11 Orang / 750 kg
- Lebar pintu (opening width) : 800 mm
- Dimensi ruang luncur  
(hoistway inside) 2 Car : 3700 x 1930 mm<sup>2</sup>
- Dimensi sangkar (Car size)
  - Internal : 1400 x 1350 mm<sup>2</sup>
  - Eksternal : 1460 x 1505 mm<sup>2</sup>
- Dimensi ruang mesin (2 Car) : 4000 x 3700 mm<sup>2</sup>
- Beban reaksi pit :
  - R1 = 7100 kg
  - R2 = 5600 kg

#### 4.3.5.2. Perencanaan Balok Penumpu Lift

##### a. Data Perencanaan

- L = 3000 mm
- F'<sub>c</sub> = 40 Mpa
- F<sub>y</sub> = 420 Mpa
- Tul. lentur (D) = 22 mm
- As tulangan = 380,2857 mm<sup>2</sup>
- Tul. sengkang (D) = 13 mm
- As tulangan = 132,786 mm<sup>2</sup>
- B = 300 mm
- H = 450 mm
- Decking = 40 mm
- d = h – (decking + Øsengkang + ½ Ølentur)
- = 386 mm

### b. Perhitungan Tulangan Negatif di Tumpuan

- $\emptyset = 0.9$  untuk asumsi kondisi *tension controlled section*; 0.75 untuk geser dan torsi (SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)
- $\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(F'c-28)}{7}$   
 $= 0.85 - 0.05 \frac{(40-28)}{7}$   
 $= 0.76429$
- $\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600+f_y} \right)$   
 $= \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600+420} \right)$   
 $= 0.0364$
- $\rho_{\max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0364 = 0.0273$
- $\rho_{\max} = 0.025$  (menentukan)
- $\rho_{\min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'c}}{f_y}$   
 $= \frac{0.25 \times \sqrt{40}}{420} = 0.003765$  (menentukan)
- $\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{420} = 0.003333$
- Maka dipakai  $\rho_{\min} = 0.003765$
- As perlu  $= \rho \cdot b \cdot d$   
 $= 0.003765 \times 300 \times 386 = 435,943 \text{ mm}^2$
- n (jumlah)  $= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}}$   
 $= \frac{435,943}{380,2857} = 2 \text{ buah}$
- Jarak tulangan (s)  $= \frac{b-n.\emptyset L-2d'-2\emptyset s}{n-1}$   
 $= 150 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$

**Dipakai tulangan negative tumpuan 2D22**

### c. Perhitungan Tulangan Positif di Tumpuan

- $As_{\min} = \frac{1}{2} \times As = \frac{1}{2} \times 453,943 = 217,971 \text{ mm}^2$
- n (jumlah)  $= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}}$



$$= \frac{217,971}{380,2857} = 2 \text{ buah}$$

**Dipakai tulangan positif tumpuan 2D22**

**d. Perhitungan Tulangan Positif di Lapangan**

- $\phi = 0.9$  untuk asumsi kondisi *tension controlled section*; 0.75 untuk geser dan torsi (SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)
- $\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(F'c - 28)}{7}$   
 $= 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7}$   
 $= 0.76429$
- $\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$   
 $= \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right)$   
 $= 0.0364$
- $\rho_{\max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0364 = 0.0273$
- $\rho_{\max} = 0.025$  (menentukan)
- $\rho_{\min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'c}}{f_y}$   
 $= \frac{0.25 \times \sqrt{40}}{420} = 0.003765$  (menentukan)
- $\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{420} = 0.003333$
- Maka dipakai  $\rho_{\min} = 0.003765$
- As perlu  $= \rho \cdot b \cdot d$   
 $= 0.003765 \times 300 \times 386 = 435,943 \text{ mm}^2$
- n (jumlah)  $= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}}$   
 $= \frac{435,943}{380,2857} = 2 \text{ buah}$
- Jarak tulangan (s)  $= \frac{b - n \cdot \phi L - 2d' - 2\phi s}{n - 1}$   
 $= 150 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$

**Dipakai tulangan positif lapangan 2D22**

**e. Perhitungan Tulangan Negatif di Lapangan**

- $As_{min} = \frac{1}{2} \times As = \frac{1}{2} \times 453,943 = 217,971 \text{ mm}^2$
- $n \text{ (jumlah)} = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}}$   
 $= \frac{217,971}{380,2857} = 2 \text{ buah}$

**Dipakai Tulangan negative lapangan 2D22**

**f. Perhitungan Tulangan Geser**

- $V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d = 124505 \text{ N}$
- $V_{smin} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d = 244128 \text{ N}$
- Termasuk kategori membutuhkan tulangan geser dengan  $S_{min} = d/2 = 193 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$
- $A_v = n \times As_{D13}; \text{ Dipasang } 2D13$   
 $= 2 \times 132,786 = 265,571 \text{ mm}^2$

**Dipakai 2D13-150 mm**

**4.4. Perencanaan Struktur Primer****4.4.1 Umum**

Struktur utama atau struktur primer adalah suatu komponen yang kekakuannya mempengaruhi perilaku dari suatu gedung. Struktur utama menahan semua kombinasi beban yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa gempa dan angin. Komponen balok induk, kolom dan dinding struktur geser (shear wall) merupakan komponen struktur primer. Berikut adalah perhitungan dalam perencanaan kebutuhan tulangan struktur primer tersebut.

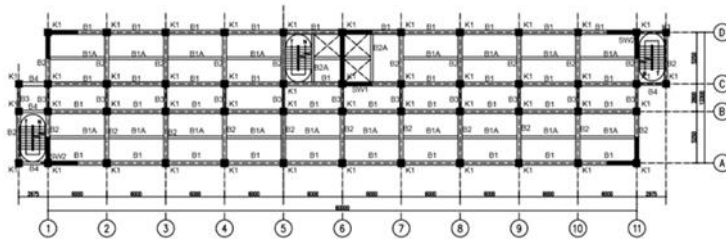
**4.4.2. Perencanaan Balok Induk Pracetak**

Perencanaan balok induk dalam struktur Gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun Surabaya ini menggunakan 1 dimensi balok induk dengan 4 bentang yang berbeda, yaitu :

- Balok Induk B1 dengan dimensi 30/40 cm (bentang 6 m)
- Balok Induk B2 dengan dimensi 30/40 cm (bentang 5,25 m)

- Balok Induk B3 dengan dimensi 30/40 cm (Bentang 2,8 m)
- Balok Induk B4 dengan dimensi 30/40 cm (bentang 2,975 m)

Penulangan balok induk dihitung dalam 3 kondisi yaitu kondisi setelah komposit, sebelum komposit dan saat pengangkatan. Dari ketiga kondisi tersebut diambil perhitungan penulangan dengan jumlah kebutuhan terbesar (kritis) yang akan digunakan untuk kebutuhan penulangan balok induk. Pada contoh perhitungan akan dihitung Balok Induk B1 (30/40 cm) dengan bentang 6 m.



Gambar 4. 28 Denah Balok Induk Pracetak (B1-B4)

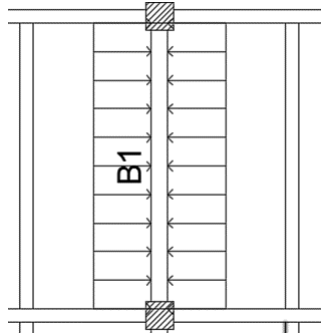
#### 4.4.2.1. Data Perencanaan Balok Induk Pracetak

Berikut merupakan data perencanaan balok induk pracetak tipe B1 pada gedung rumah susun Tambak Osowilangun Surabaya :

- Dimensi Balok Komposit : 30 x 40 cm
- Dimensi Balok Halfbeam : 30 x 25 cm
- Tebal Overtopping balok : 15 cm
- $f_c'$  : 35 Mpa
- $f_y$  : 420 Mpa
- L : 6 m
- $L_x$  :  $L - b_{\text{balok induk melintang}}$   
: 6-0,3 = 5,7 m
- $D_{\text{lentur}}$  : 25 mm
- $D'_{\text{sengkan}}$  : 10 mm
- Decking ( $d'$ ) : 40 mm

#### 4.4.2.2. Perhitungan Pembebanan Balok Induk Pracetak

Beban yang bekerja pada balok induk adalah berat sendiri anak tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan berat hidup merata di atasnya). Distribusi beban pada balok sedemikian rupa sehingga dianggap sebagai beban persegi panjang pada bentang balok induk dikarenakan pelat yang menumpu pada balok anak adalah pelat satu arah. Beban berbentuk persegi panjang yang dimaksud dapat dilihat pada gambar 4.29 berikut:



Gambar 4. 29 Distribusi Beban pada Balok Induk Sebelum Komposit

#### ➤ Pembebanan Sebelum Komposit

Pembebanan sebelum komposit terjadi pada saat komponen balok anak sudah terinstall dan sedang dalam proses pengecoran overtopping, namun beban hidup pada lantai belum bekerja.

##### • Beban Mati

- Berat sendiri balok :  $b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
 $: 0,3 \times 0,25 \times 2400$   
 $: 180 \text{ kg/m}$
- Berat overtopping :  $b_{\text{halfbeam}} \times t_{\text{overtopping}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
 $: 0,3 \times 0,15 \times 2400$   
 $: 108 \text{ kg/m}$
- Berat Pelat :  $360 \text{ kg/m}^2$  (berdasar perhitungan pelat lantai)

- Luas Pelat :  $P_{\text{pelat}} \times L_{\text{pelat}}$   
                   :  $6 \times 2,7125$   
                   :  $16,275 \text{ m}^2$
- qd :  $180 + 108 + ((360 \times 16,275)/5,7)$   
           :  $1315,89 \text{ kg/m}$
- Kombinasi Beban  
   qu :  $1.4 \times \text{qd}$   
   qu :  $1,4 \times 1315,89$   
   qu :  $1842,25 \text{ kg/m}$

#### ➤ **Pembebanan Saat Pengangkatan**

- **Beban Mati**
  - Berat Sendiri :  $b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \times \gamma_{\text{beton}}$   
                   :  $0,3 \times 0,25 \times 2400$   
                   :  $180 \text{ kg/m}$
  - qd :  $180 \text{ kg/m}$
- **Kombinasi Beban**  
   qu :  $1.4 \times \text{qd}$   
   qu :  $1,4 \times 180 \text{ kg/m}$   
   qu :  $252 \text{ kg/m}$

#### **4.4.2.3. Perhitungan Tulangan Lentur Balok Induk Pracetak**

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur pada balok induk, perlu dihitung rasio tulangan minimum dan maksimum pada tulangan, sebagai berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{35}}{420} = 0.003521 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{420} = 0.003333$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'c - 28)}{7} \text{ (SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3)}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(35 - 28)}{7} = 0.8$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2))}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.8 \times 40}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0.0333$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \text{ (menentukan) (SNI 2847:2013 psl 21.5.2.1)}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B (10.3.3))}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times 0.0333 = 0.025$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'c} = \frac{420}{0.85 \times 35} = 14,12$$

#### a. Perhitungan Tulangan Lentur Setelah komposit

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2}D$$

$$dx = 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2}25 = 337,5 \text{ mm}$$

Momen yang terjadi pada balok induk setelah balok induk komposit diambil dari hasil permodelan pada program bantu ETABS.

$$M_{\text{tumpuan atas}} = 17949 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{tumpuan bawah}} = 12741 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan bawah}} = 7219 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan Atas}} = 11531 \text{ kgm}$$

$$V_u = 11836 \text{ kg}$$

$$T_u = 13,64 \text{ kNm}$$

#### • Tulangan Negatif di Tumpuan

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx} = \frac{17949 \times 10^4}{0.9 \times 300 \times 337,5^2} = 5,84 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,12} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 14,12 x 5,84}{420}} \right) = 0.016$$

$\rho_{min} < \rho$  , maka dipakai  $\rho = 0.016$

$$AS_{perlu} = \rho x bw x dx$$

$$AS_{perlu} = 0.016 x 300 x 337,5 = 1620 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x 25^2 = 491.074 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{1620}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 4 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n x D(25) - 2 x d' - 2 x D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{300 - 4 x 25 - 2 x 40 - 2 x 10}{4 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 33,3 \text{ mm} < 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n x A(D25)$$

$$As \text{ pakai} = 4 x 491.074 = 1964,29 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 4D25**

- **Tulangan Positif di Tumpuan**

$$Rn = \frac{Mu}{\phi x bw x dx} = \frac{12741 x 10^4}{0.9 x 300 x 337,5} = 4,14 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,12} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 14,12 x 4,14}{420}} \right) = 0.01$$

$\rho_{min} < \rho$  , maka dipakai  $\rho = 0.01$

$$AS_{perlu} = \rho x bw x dx$$

$$AS_{perlu} = 0.01 x 300 x 337,5 = 1012,5 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{1012,5}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 3 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n x D(25) - 2 x d' - 2 x D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{300 - 3 x 25 - 2 x 40 - 2 x 10}{3 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 62,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n x A (D25)$$

$$As \text{ pakai} = 3 x 491.074 = 1473,21 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Tumpuan 3D25**

▪ **Kontrol Tulangan Rangkap**

$$\rho = \frac{AS}{bw x dx} = \frac{1964,29}{300 x 337,5} = 0,0194$$

$$\rho' = \frac{AS'}{bw x dx} = \frac{1473,21}{300 x 337,5} = 0,0146$$



$$\rho_{cy} = \frac{0.85 f_c' d'}{d x \cdot f_y} \beta_1 \left( \frac{600}{600 - f_y} \right)$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 \times 35 \times 40}{337,5 \times 420} \times 0,8 \times \left( \frac{600}{600 - 420} \right) = 0.022$$

$$\rho - \rho' = 0,0194 - 0,0146 = 0,0048$$

$$\rho - \rho' < \rho_{cy}$$

$$0.0048 < 0.022 \text{ (compression steel not yielded)}$$

$$f_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c' \times d'}{(\rho - \rho') \times f_y \times d} \right| < f_y$$

$$f_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{(0,0048) \times 420} \times \frac{40}{337,5} \right| < 420$$

$$f_s = 239,5 < 420$$

$$a = \frac{A_s \times f_y - A_s' \times f_s}{0.85 \times b w \times f_c'}$$

$$a = \frac{1964,29 \times 420 - 1473,21 \times 239,5}{0.85 \times 300 \times 35}$$

$$a = 52,9 \text{ mm}$$

$$M_n = 0.85 f_c' a b w \left( d - \frac{a}{2} \right) + A_s' (f_s - 0.85 f_c') (d - d')$$

$$M_n = 0.85 \times 35 \times 52,9 \times 300 \left( 337,5 - \frac{52,9}{2} \right) + 1473,21 (239,5 - 0.85 \times 35) (337,5 - 40)$$

$$M_n = 23878,6 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 23878,6 = 21490,74 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 21490,74 \text{ kgm} > M_u = 17949 \text{ kgm (ok)}$$

- **Tulangan Positif di Lapangan**

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b w \times d x} = \frac{7219 \times 10^4}{0.9 \times 300 \times 337,5^2} = 2,35 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,12} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 14,12 x 2,35}{420}} \right) = 0.0058$$

$\rho_{min} < \rho$  , maka dipakai  $\rho = 0,0058$

$$AS_{perlu} = \rho x bw x dx$$

$$AS_{perlu} = 0.0058 x 300 x 337,5 = 587,25 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{587,25}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n x D(25) - 2 x d' - 2 x D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{300 - 2 x 25 - 2 x 40 - 2 x 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 150 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n x A(D25)$$

$$As \text{ pakai} = 2 x 491.074 = 982,14 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 2D25**

- **Tulangan Negatif di Lapangan**

$$Rn = \frac{Mu}{\phi x bw x dx} = \frac{11531 x 10^4}{0.9 x 300 x 337,5^2} = 3,75 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,12} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 14,12 x 3,75}{420}} \right) = 0,0096$$

$\rho_{min} < \rho$  , maka dipakai  $\rho = 0,0096$

$$AS_{perlu} = \rho x bw x dx$$

$$AS_{perlu} = 0,0096 x 300 x 337,5 = 972 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x 25^2 = 491,074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{972}{491,074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n x D(25) - 2 x d' - 2 x D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{300 - 2 x 25 - 2 x 40 - 2 x 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 150 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n x A(D25)$$

$$As \text{ pakai} = 2 x 491,074 = 982,14 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Negatif Lapangan 2D25**

#### ▪ Kontrol Tulangan Rangkap

$$\rho = \frac{AS}{bw x dx} = \frac{982,14}{300 x 337,5} = 0,0097$$

$$\rho' = \frac{AS'}{bw x dx} = \frac{982,14}{300 x 337,5} = 0,0097$$

$$\rho_{cy} = \frac{0,85 f_c' d'}{dx f_y} \beta_1 \left( \frac{600}{600 - f_y} \right)$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 \times 35 \times 40}{337,5 \times 420} \times 0,8 \times \left( \frac{600}{600 - 420} \right) = 0,022$$

$$\rho - \rho' = 0,0097 - 0,0097 = 0$$

$$\rho - \rho' < \rho_{cy}$$

$$0 < 0,022 \text{ (compression steel not yielded)}$$

$$f_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{(\rho - \rho') \times f_y} \times \frac{d'}{d} \right| < f_y$$

$$f_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times 0,8 \times 35}{0,009 \times 420} \times \frac{40}{337,5} \right| < 420$$

$$f_s = 152.26 < 420$$

$$a = \frac{A_s \times f_y - A_s' \times f_s}{0.85 \times b_w \times f_c'}$$

$$a = \frac{982,14 \times 420 - 982,14 \times 152.26}{0.85 \times 300 \times 35}$$

$$a = 32,74 \text{ mm}$$

$$M_n = 0.85 f_c' a b_w \left( d - \frac{a}{2} \right) + A_s' (f_s - 0.85 f_c') (d - d')$$

$$M_n = 0.85 \times 35 \times 32,74 \times 300 \left( 337,5 - \frac{32,74}{2} \right)$$

$$+ 1473,21 (152,26 - 0,85 \times 35) (337,5 - 40)$$

$$M_n = 12962,3 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 12962,3 = 11666 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 11666 \text{ kgm} > M_u = 11531 \text{ kgm (ok)}$$

▪ Kontrol Balok T

$$b_e < \frac{L}{4} = \frac{6000}{4} = 1500 \text{ mm (menentukan)}$$

$$b_e < b_w + 16hf = 300 + 16 \times 150 = 2280 \text{ mm}$$

$$b_e < \text{center to center of adjacent beam} = 6000 \text{ mm}$$

Depth of block stress

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b_e} = \frac{982,14 \times 420}{0.85 \times 35 \times 1500} = 9,24 \text{ mm} > 150 \text{ mm}$$

The beam be considered as rectangular

$$M_n = A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 982,14 \times 420 \left( 337,5 - \frac{9,24}{2} \right)$$

$$M_n = 13731 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 13731 = 12357,9 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 12357,9 \text{ kgm} > M_u = 11531 \text{ kgm} \text{ (ok)}$$

**Check For the Strain  $\epsilon_t \geq 0.005$**

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{9,24}{0,8} = 11,55$$

$$\epsilon_t = 0.003 \left( \frac{d - c}{c} \right) = 0.003 \left( \frac{337,5 - 11,55}{11,55} \right) = 0.085$$

$$\epsilon_t = 0,085 > 0,005 \text{ (ok)}$$

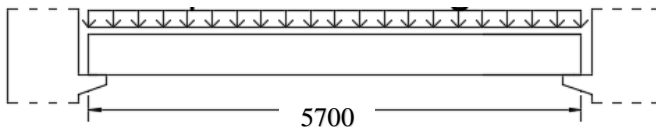
**b. Perhitungan Tulangan Lentur Sebelum komposit**

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2} D$$

$$dx = 250 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 25 = 187,5 \text{ mm}$$

Momen yang terjadi pada balok induk sebelum balok induk komposit dihitung dengan anggapan tumpuan pada balok induk adalah tumpuan sederhana, sehingga momen pada tumpuan dianggap tidak ada.

$$q_u = 1842,25 \text{ kg/m}$$



Gambar 4. 30Pembebanan Balok Induk Sebelum Komposit

$$M_{\text{tumpuan}} = 0 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan}} = \frac{1}{8} \times q_u \times Lx^2$$

$$M_{\text{lapangan}} = 7481,85 \text{ kgm}$$

- **Tulangan Negatif di Tumpuan**

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.003521 \times 300 \times 187,5 = 198 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{198}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 1 \text{ buah. } n \text{ pakai } 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{300 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 150 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D25)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 491.074 = 982,14 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D25**

- **Tulangan Positif di Tumpuan**

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.003521 \times 300 \times 187,5 = 198 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{198}{491.074}$$

$n \text{ tulangan} \approx 1 \text{ buah}$ . n pakai 2 buah.

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{300 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 150 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D25**

- **Tulangan Positif di Lapangan**

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx} = \frac{7481,85 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 187,5^2} = 7,88 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,12} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,12 \times 7,88}{420}} \right) = 0,022$$

$\rho_{min} < \rho$ , maka dipakai  $\rho = 0.022$

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.022 \times 300 \times 187,5 = 1252,5 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{1252,5}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 3 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{300 - 3 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{3 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 62,5 \text{ mm} < 25 \text{ mm (not ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A (D25)$$

$$As \text{ pakai} = 3 \times 491.074 = 1473,2 \text{ mm}^2$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 3D25**

- **Tulangan Negatif di Lapangan**

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0.003521 \times 300 \times 187,5 = 198 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{198}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 1 \text{ buah. } n \text{ pakai } 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 150 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D25**

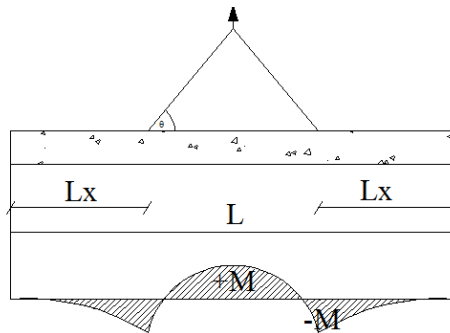


**c. Perhitungan Tulangan Lentur Saat Pengangkatan**

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2}D$$

$$dx = 250 - 40 - 10 - \frac{1}{2}25 = 187,5 \text{ mm}$$

Pada saat pengangkatan direncanakan titik pengangkatan berada pada daerah tumpuan. Berikut merupakan rencana pengangkatan balok anak.



Gambar 4. 31 Pengangkatan Balok

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left( 1 - 4X + \frac{4Yc}{Lc \tan \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$yt = yb = \frac{h}{2} = \frac{25}{2} = 12,5 \text{ cm}$$

$$I \text{ balok} = \frac{1}{12} x b x h^3 = \frac{1}{12} x 30 x 25^3 = 39062,5 \text{ cm}^4$$

$$Yc = Yt + 5 = 12,5 + 5 = 17,5 \text{ cm}$$

Sudut angkat direncanakan  $45^\circ$

$$\theta = 45^\circ$$

$$Lx = 6 \text{ m} = 600 \text{ cm}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4yc}{Lx \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} x \left( 1 + \frac{4yc}{Lx \tan \theta} \right)} \right)}$$

$$X = 0.23$$

$$XL = 600 \times 0.23 = 136,46 \text{ cm} = 1,3 \text{ m}$$

$$W = qu = 252 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$+ M = 234,64 \text{ kgm}$$

$$- M = 234,64 \text{ kgm}$$

- **Perhitungan Rasio Tulangan saat Pengangkatan**

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{24,5}}{420} = 0,002946$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{420} = 0.003333 \text{ (menentukan)}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f_c' - 28)}{7} \text{ (SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3)}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(24,5 - 28)}{7} = 0.875$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = (0.85 \times 0.8 \times 24,5) / 420 (600 / (600 + 420)) = 0.0255$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \text{ (menentukan) (SNI 2847:2013 psl 21.5.2.1)}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B (10.3.3))}$$

$$P_{\max} = 0,75 \times 0,0255 = 0,019$$

$$m = f_y / (0.85 \times f_c') = 420 / (0.85 \times 24,5) = 20,17$$

- **Tulangan Negatif di Tumpuan**

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $\rho_{\min}$  pada perencanaan tulangan.

$$A_{sperlu} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$A_{sperlu} = 0.0033 \times 300 \times 187,5 = 187,5 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{187,5}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 1 \text{ buah. } n \text{ pakai 2 buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{300 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 150 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif Tumpuan 2D25**

- **Tulangan Positif di Tumpuan**

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $\rho_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.0033 \times 300 \times 187,5 = 187,5 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{187,5}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 1 \text{ buah. } n \text{ pakai 2 buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{300 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S_{tulangan} = 150 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Tumpuan 2D25**

- **Tulangan Positif di Lapangan**

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $\rho_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$A_{sperlu} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$A_{sperlu} = 0.0033 \times 300 \times 187,5 = 187,5 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n_{tulangan} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{AS(D25)}$$

$$n_{tulangan} = \frac{187,5}{491.074}$$

$$n_{tulangan} \approx 1 \text{ buah. n pakai 2 buah}$$

$$S_{tulangan} = \frac{b_w - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S_{tulangan} = \frac{300 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S_{tulangan} = 150 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 2D25**

- **Tulangan Negatif di Lapangan**

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan  $\rho_{min}$  pada perencanaan tulangan.

$$A_{sperlu} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$A_{sperlu} = 0.0033 \times 300 \times 187,5 = 187,5 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{187,5}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 1 \text{ buah. } n \text{ pakai 2 buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{300 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 150 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

**Maka digunakan tulangan Lentur negatif Lapangan 2D25**

#### 4.4.2.4. Perhitungan Tulangan Geser Balok Induk Pracetak

##### ➤ Perhitungan Tulangan Geser Setelah Komposit

Nilai momen nominal maksimum dari cek momen tulangan nominal terpasang dengan asumsi tumpuan kiri dan kanan memiliki jumlah tulangan yang sama. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 persamaan yang digunakan dalam menghitung tulangan geser adalah sebagai berikut :

$$M_{pr} = A_s \times 1.25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$a = \frac{A_s \times 1.25 \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b \times w}$$

Tabel 4. 33 Perhitungan Mpr B1

Lokasi			n	As Perlu	a	Mpr (kNm)
Tumpuan	Kiri	Atas	4	1964.286	115.5462	288.4683561
		Bawah	3	1473.214	86.65966	227.5222394
	Kanan	Atas	4	1964.286	115.5462	288.4683561
		Bawah	3	1473.214	86.65966	227.5222394

$$M_{pr 1} = 288,47 \text{ kNm}$$

$$M_{pr 2} = 227,52 \text{ kNm}$$

$$L_n = 5,7 \text{ m}$$

$$W_u = 24,12 \text{ Kg/m}$$

- Analisa terhadap Gempa Kiri & Kanan

$$V_u = \frac{288,46 + 227,52}{5,7} - \frac{24,12 \times 5,7}{2}$$

$$V_u = -21,77 \text{ kN}$$

$$V_u = \frac{288,47 + 227,52}{5,7} + \frac{24,12 \times 5,7}{2}$$

$$V_u = 159,28 \text{ kN}$$

- Pemasangan Senggang Daerah Sendi Plastis

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2 bahwa tulangan transversal untuk memikul geser dengan menganggap  $V_c = 0$ , apabila:

-  $M_{pr} > 0,5 \times \text{Total geser kombinasi gempa dan gravitasi}$

$$\frac{288,47 + 227,52}{5,7} > 0,5 \times 159,28$$

$$90,52 > 79,64 \text{ kN (OK)}$$

- Gaya Aksial Tekan  $< 0,2 \times A_g \times f_c'$

$$\frac{11836}{100} < \frac{0,2 \times 300 \times 400 \times 35}{1000}$$

$$118,36 \text{ kN} < 840 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} b_w \times d$$

$$V_c = \frac{\frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 337,5}{1000} = 99,83 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi}$$

$$V_s = \frac{159,28}{0,75} = 212,37 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times D'^2$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 157.14 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$$

$$S = \frac{157.14 \times 420 \times 337,5}{212,37 \times 1000} = 104,89 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2 bahwa syarat jarak antar sengkang untuk sendi plastis tidak boleh melebihi :

$$\frac{d}{4} = \frac{337,5}{4} = 84,375 \text{ mm}$$

$$6 d_b = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$< 150 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser**

**Tumpuan 2D10-60 mm**

Sengkang yang di pasang 2D10 mm sejarak 60 mm dengan ketentuan dan syarat sebagai berikut mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.2 sebagai berikut :

-  $S_{max}$  sepanjang sendi plastis di ujung balok

$$2 \times h = 2 \times 400 = 800 \text{ mm}$$

- Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.

Kontrol kuat geser balok induk interior tidak boleh lebih besar dari syarat SNI 2847:2013 pasal 11.4.7.9:

$$V_s = \frac{2}{3} \times b_w \times d \times \sqrt{f_c}$$

$$V_s = \frac{\frac{2}{3} \times 300 \times 337,5 \times \sqrt{35}}{1000} = 399,34 \text{ kN}$$

$$V_s = 399,34 \text{ kN} > V_s = 212,37 \text{ kN (ok)}$$

- Pemasangan Senggang di Luar Daerah Sendi Plastik

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c x} b_w x dx$$

$$V_c = \frac{\frac{1}{6} \sqrt{35} x 300 x 337.5}{1000} = 99,83 \text{ kN}$$

Syarat :

1. tidak butuh tulangan geser

$$V_u \leq 0.5 \phi V_c$$

2. Butuh tulangan geser Minimum

$$0.5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

3. butuh tulangan geser

$$\phi (V_c + v_s \min) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_s, \max)$$

$$V_u = 118,36 \text{ kN}$$

$$0.5 \phi V_c = 0,5 x 0,75 x 99,83 = 37,44 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \phi (V_c + V_{smin}) &= 0,75 \left( 99,83 + \frac{\frac{1}{16} x 300 x 337,5 x \sqrt{35}}{1000} \right) \\ &= 102,95 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi (V_c + V_{smax}) &= 0,75 \left( 99,83 + \frac{\frac{2}{3} x 300 x 337,5 x \sqrt{35}}{1000} \right) \\ &= 374,38 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sehingga memenuhi kondisi 3, maka butuh tulangan geser

$$V_s = \frac{V_u}{\phi}$$

$$V_s = \frac{118,36}{0,9} = 157,81 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 x \frac{1}{4} x \pi x D'^2$$

$$A_v = 2 x \frac{1}{4} x \pi x 10^2 = 157,14 \text{ mm}^2$$



$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$$

$$S = \frac{157,14 \times 420 \times 337,5}{157,81 \times 1000} = 141,15 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 ps1 21.5.3.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

$$\frac{d}{2} = \frac{337,5}{2} = 168,75 \text{ mm}$$

**Dari syarat diatas maka digunakan tulangan Geser 2D10 - 140 mm**

➤ **Perhitungan Tulangan Geser Sebelum Komposit**

$$V_u = q_u \times \frac{Lx}{2} = 1842,25 \times \frac{5,7}{2} = 5250,42 \text{ Kg} = 52,5 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c'} \times b_w \times d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 300 \times 337,5 = 55463,25 \text{ N} = 55,46 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 55,46 \text{ kN} = 41,6 \text{ kN}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 41,6 = 20,8 \text{ kN}$$

$$\phi V_c \leq V_u \rightarrow \text{maka dibutuhkan tulangan geser}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi}$$

$$V_s = \frac{52,5}{0,75} = 70 \text{ kN}$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times A_s D10$$

$$A_v = 2 \times 78,57 = 157,14 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$$

$$S_{maks} = \frac{157.4 \times 420 \times 187,5}{70 \times 1000} = 177 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.5.3.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

$$\frac{d}{4} = \frac{187,5}{4} = 46,88 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$< 150 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser  
Tumpuan D10-45 mm**

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempapada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari:

$$d/2 = 187,5/2 = 93,75 \text{ mm}$$

**Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser  
Lapangan D10-90 mm**

#### 4.4.2.5. Perhitungan Tulangan Torsi

Dimensi balok Induk B1 = 30/40 cm

$$Tu_{\text{Etabs}} = 13.64 \text{ kNm}$$

Pada kasus ini balok induk pengaruh torsi boleh diabaikan bila  $Tu$  lebih kecil dari :

$$Tu < 0.083 \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tn = \frac{0.75 \times 0.083 \sqrt{35} \left( \frac{(300 \times 400)^2}{(2(300 + 400))} \right)}{1000000} = 3,79 \text{ kNm}$$

$$Tu > Tn$$

$$13,64 < 3,79 \text{ (Perlu penulangan torsi)}$$

$$\begin{aligned}
V_u &= 118,36 \text{ kN} = 118360 \text{ N} \\
A_{cp} &= 300 \times 400 = 120000 \text{ mm}^2 \\
P_{cp} &= 2 \times (300+400) = 1400 \text{ mm} \\
A_{oh} &= (300-(2 \times 40)-10) \times (400-(2 \times 40)-10) = 65100 \text{ mm}^2 \\
P_{oh} &= 2 \times ((300-(2 \times 40)-10) + (400-(2 \times 40)-10)) = 1040 \text{ mm} \\
V_c &= 0,17 \times \sqrt{35} \times 300 \times 337,5 = 101830,5 \text{ N}
\end{aligned}$$

- Cek Penampang Balok Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.1

$$\begin{aligned}
&\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66\sqrt{f'c}\right) \\
&\sqrt{\left(\frac{118360}{300 \cdot 337,5}\right)^2 + \left(\frac{13,64 \times 10^6 \times 1040}{1,7 \cdot 65100^2}\right)^2} \\
&\leq 0,75 \left(\frac{101830,5}{300 \cdot 337,5} + 0,66\sqrt{35}\right) \\
&2,29 < 3,68 \text{ (OK)}
\end{aligned}$$

- Perhitungan Tulangan Transversal Penahan Torsi

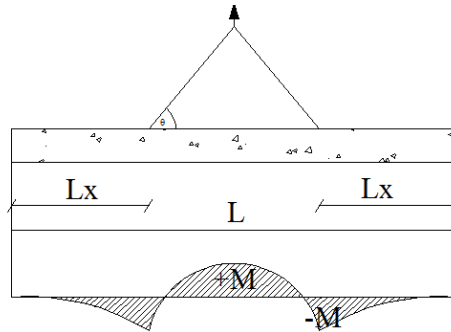
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6 pada perhitungan tulangan transversal penahan torsi  $A_o$  dapat di ambil sama dengan  $0,85 \cdot A_{oh}$  dan nilai  $\theta = 45^\circ$ .

$$\begin{aligned}
\theta &= 45^\circ \\
A_o &= 0,85 \times 65100 = 55335 \text{ mm}^2 \\
A_t/s &= 0,39 \\
A_s \text{ Torsi} &= (0,39 \times 1040 \times (420/420) \times \cot 45^\circ)^2 = 405,6 \text{ mm}^2 \\
A_s \text{ perlu} &= 405,6 : 2 = 202,8 \text{ mm}^2 \\
A_s \text{ D25} &= 491,07 \text{ mm}^2 \\
n &= \frac{202,8}{491,7} \approx 1 \text{ buah. } n \text{ pakai 2 buah}
\end{aligned}$$

**Sehingga digunakan tulangan torsi 2D25**

#### 4.4.2.6. Pengangkatan Balok Induk Pracetak

Dalam pemasangan balok Induk pracetak, balok akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk Balok. Contoh perhitungan akan diambil balok tipe B1 dengan dimensi 30 x 25 cm dengan 2 titik pengangkatan.



Gambar 4. 32 Titik Angkat Balok Induk

- **Perhitungan Tulangan Angkat Pelat**

$$\begin{aligned}
 DL &= h_{\text{pracetak}} \times b_{\text{pracetak}} \times l_x \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 0,25 \times 0,3 \times 6 \times 2400 \\
 &= 1080 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$q = K \times DL$$

Dimana,

$K$  = factor kejut = 1.2 (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

$$q = 1.2 \times 1080$$

$$q = 1296 \text{ Kg} = 12,96 \text{ kN}$$

Gaya angkat Tu setiap tulangan :

$$Tu = \frac{q}{2}$$

$$T_u = \frac{12,96}{2}$$

$$T_u = 6,48 \text{ kN}$$

Menurut PPBBI pasal 2.2.2, Tegangan Tarik ijin Baja adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{ijin} = \frac{f_y}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{420}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

Maka diameter tulangan angkat :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times T_u}{\pi \times \sigma}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 6,48 \times 100}{\pi \times 2800}}$$

$$D = 0,2 \text{ cm} \approx 2 \text{ mm}$$

**Maka digunakan tulangan angkat D10**

- **Kontrol Tulangan Angkat**

Kontrol momen pengangkatan diperlukan untuk mengetahui tegangan yang terjadi saat pengangkatan dan harus kurang dari tegangan izin yang disyaratkan dalam *PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*, pasal 5.3.3.2 .

$$\sigma_{pelat} < \sigma_{ijin}$$

Dimana,

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.7 \times \sqrt{f_c'}}{SF}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.7 \times \sqrt{24,5}}{1.5} = 2.3 \text{ Mpa}$$

- Momen Akibat Berat Sendiri Saat Pengangkatan

Momen diperhitungkan sesuai perencanaan titik pengangkatan, dimana titik penangkatan berada pada daerah tumpuan, sehingga momen yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$+ M = 234,64 \text{ kgm}$$

$$- M = 234,64 \text{ kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times b \times (h \text{ pracetak})^2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 0.30 \times (0,25)^2$$

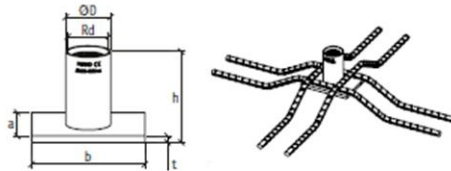
$$Z = 0.003125 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{Balok} = \frac{234,64}{0.003125} \times \frac{10}{1000000}$$

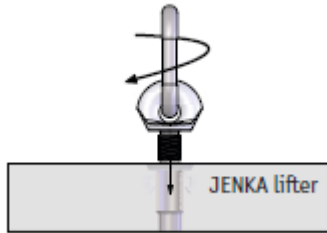
$$\sigma_{balok} = 0,75 \text{ Mpa} < \sigma_{ijin} = 2.3 \text{ Mpa (OK)}$$

- **Pemilihan Profil Tulangan Angkat**

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis *Jenka Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan adalah *Jenka PSA Short Insert* dengan kait *JL*. Disetiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 40 kN dengan sudut  $0^\circ - 90^\circ$ .



Gambar 4. 33 Profil PSA dan Perkuatan



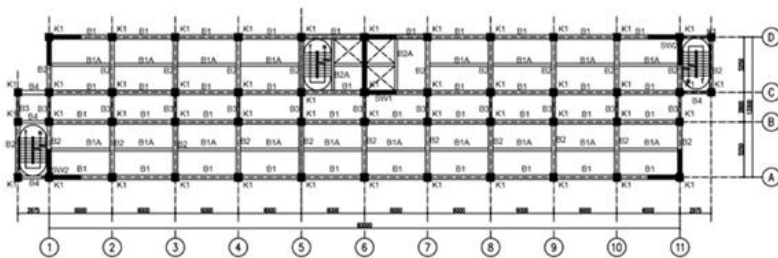
Gambar 4. 34 Kait *Jenka Lifter*

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan balok Induk pracetak rumah susun Tambak Osowilangun : (Lampiran)

#### 4.4.3 Perencanaan Kolom Pracetak

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul seluruh beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk, dan berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi. Perencanaan kolom dibedakan menjadi 4 tipe kolom dengan data sebagai berikut :

- Dimensi Kolom Lt. 1 – Lt. 4 (K1) = 65 x 65 cm
- Dimensi Kolom Lt. 5 – Lt. 8 (K2) = 55 x 55 cm
- Dimensi Kolom Lt. 9 – Lt.12 (K3) = 45 x 45 cm
- Dimensi Kolom Lt.13 – Lt. 16 (K4)= 35 35 cm



Gambar 4. 35 Denah Kolom Pracetak (K1)

##### 4.4.3.1. Data Perencanaan Kolom Pracetak

Pada penulisan ini, akan diberikan contoh perhitungan kolom tipe 1 (K1), kolom lantai 1 hingga lantai 4 Berikut merupakan data perencanaan kolom pracetak gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun Surabaya :

- Dimensi Kolom : 65 x 65 cm
- Tinggi Lantai (h) : 4 m
- Tebal Decking (d') : 50 mm
- $f_c'$  : 35 Mpa
- $f_y$  : 420 Mpa
- D (longitudinal) : 25 mm
- D'(transversal) : 13 mm



Berdasarkan hasil perhitungan ETABS diexport beban aksial dan momen dari semua kombinasi beban yang bekerja pada kolom 65 x 65 cm, yaitu :

$P_{max}$  : 4182,29 kN

$V_{u \max}$  : 117,29 kN

$M_x$  : 121,14 kNm

$M_y$  : 133,82 kNm

$T$  : 7,17 kNm

#### 4.4.3.2. Kontrol Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847:2013 psl 21.6.1 jika komponen struktur SRPMK Menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar  $> AG \times f_c/10$ , maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi kondisi sebagai berikut:

$$P_u > A_g \times \frac{f_c'}{10}$$

$$4182,29 \text{ kN} > 650 \times 650 \times \frac{35}{10} \times \frac{1}{1000} = 1478,75 \text{ kN}$$

Sehingga, harus memenuhi persyaratan seperti dijelaskan pada pasal 21.6.1

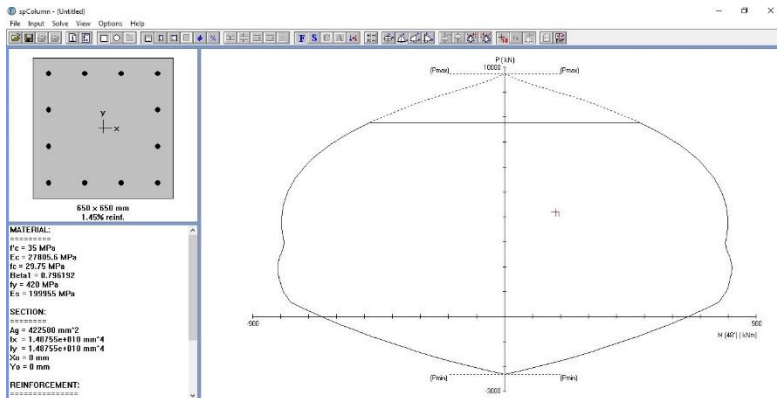
- Dimensi terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm  
 $650 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \text{ (ok)}$

- Rasio dimensi harus lebih besar dari 0.4

$$\frac{650}{650} = 1 > 0.4 \text{ (ok)}$$

#### 4.4.3.3. Penulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan kolom menggunakan program bantu SPColumn, didapatkan diagram interaksi sebagai berikut :



Gambar 4. 36 Output Program Bantu SPColumn

Dari hasil analisa program bantu SPColumn, didapatkan jumlah tulangan 12 D25.

Dari grafik di atas, didapatkan momen nominal yang ada pada kolom adalah sebagai berikut :

$$\phi Mn > Mu$$

$$0.9 \times 533,09 = 479,78 \text{ kNm} > 133,82 \text{ kNm (ok)}$$

#### 4.4.3.4. Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom

menurut SNI 2847 :2013 psl 21.6.3.1 , luas tulangan memanjang,  $A_{st}$ , tidak boleh kurang dari  $0.01 A_g$  atau lebih dari  $0.06 A_g$ .

$$A_{st} = 12 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 5892,9 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 650 \times 650 = 422500 \text{ mm}^2$$

$$0,01 A_g = 4225 \text{ mm}^2$$

$$0,06 A_g = 25350 \text{ mm}^2$$

$$0,01 A_g < A_{st} < 0,06 A_g$$

$$4225 \text{ mm}^2 < 5892,9 \text{ mm}^2 < 25350 \text{ mm}^2 \text{ (ok)}$$

Dari diagram interaksi yang dibuat pada SpColumn diperoleh tulangan longitudinal 12 D25 dengan rasio tulangan=1,45 % (OK)

#### 4.4.3.5. Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Terhadap Beban Aksial Terfaktor

menurut SNI 2847 : 2013 psl 10.3.6.2 : kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_n = 0.8 \times \phi (0.85 f_c' (A_g - A_{st}) + (f_y (A_{st})))$$

$$\phi P_n = 0.8 \times 0.65 (0.85 \times 35 (422500 - 5892,9) + (420 (5892,9)))$$

$$\phi P_n = 8921,4 \text{ kN} > P_u = 4182,3 \text{ kN (ok)}$$

#### 4.4.3.6. Persyaratan “Strong Column Weak Beam”

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa:

$$\sum M_{nc} > 1.2 \sum M_{nb}$$

Di mana  $\sum M_{nc}$  adalah momen kapasitas kolom dan  $\sum M_{nb}$  merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa  $M_{nc}$  harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat strong column weak beam.

Setelah kita dapatkan jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan strong column weak beam. Dari SpColumn didapatkan nilai  $\phi M_{nc} = 4487.83 \text{ kNm}$

$$M_{nb1} = 288,46 \text{ kNm}$$

$$M_{nb2} = 288,46 \text{ kNm}$$

$$\sum M_{nc} > 1.2 \sum M_{nb}$$

$$959,56 \text{ kNm} > 1.2 (288,46 + 288,46)$$

$$959,56 \text{ kNm} > 692,3 \text{ kNm}$$

#### 4.4.3.7. Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser Rencana

Gaya geser rencana,  $V_e$ , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1.

$$f_s = 1.25 f_y = 1.25 \times 420 = 525 \text{ Mpa}$$

```

f'c = 35 MPa          fy = 510 MPa
Es = 27000 GPa        Zs = 199568 mm^3
Ultimate Strain = 0.002 mm/mm
Beta1 = 0.794302

Section:
-----
Rectangular: Width = 450 mm      Depth = 450 mm

Gross section Area, Ag = 42000 mm^2
Iy = 1.09784e+10 mm^4           Iz = 1.09784e+10 mm^4
Sx = 187.439 mm                 Sy = 187.439 mm
Ix = 0 mm                       Iy = 0 mm

Reinforcement:
-----
Bar Set: 8075 Ad15H
Size Diam (mm) Area (mm^2)      Size Diam (mm) Area (mm^2)      Size Diam (mm) Area (mm^2)
# 10      10      72 # 10      10      129 # 16      16      159
# 10      10      216 # 22      22      897 # 24      24      910
# 20      20      645 # 30      30      910 # 36      36      1004
# 40      40      1402 # 57      57      2301

Bar selection: Minimum number of bars
Asmin = 0.01 * Ag = 420 mm^2, Asmax = 0.08 * Ag = 3360 mm^2

Confinement: Tied #10 ties with #12 bars, #12 with larger bars.
phi(s) = 0.5, phi(d) = 0.3, phi(c) = 0.45

Layout: Rectangular
Pattern: All Ties Spal. (Cover to transverse reinforcement)
Total steel area: As = 4120 mm^2 at sho = 1.65%
Minimum clear spacing = 140 mm
12 #10      Cover = 40 mm

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:
-----
Design/Required ratio: Phi*Mu/Phi_s >= 1.00
Mu_r      Mu      Mu_y      Mu_min      Mu_max      Mu_min/Mu_max depth 1x depth      rho_s      rho_y
-----
4182.19   511.14   139.92   550.93   550.24   4.448   555   814   0.00140   0.650

```

Gambar 4. 37 Output SpColumn

$$L_n = 3.25 \text{ m}$$

$$M_{pr} = 595,24 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{2xM_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 595,24}{3,25} = 366,3 \text{ kN} > V_u = 117,29 \text{ (ok)}$$

#### 4.4.3.8. Perhitungan Tulangan Geser

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.3, ujung-ujung kolom sepanjang  $l_o$  harus dikekang oleh tulangan transversal (Ash) dengan spasi sesuai dengan SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.3.

- Pemasangan Tulangan didaerah Sendi Plastis

Jarak Tulangan Maksimum :

$$\frac{1}{4}b = \frac{1}{4} \times 650 = 162,5 \text{ mm}$$

$$6db = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$100 < S < 150 \text{ mm}$$

Sehingga, direncanakan tulangan geser didaerah sendi plastis adalah 100 mm.

Ash min sesuai dengan SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai terbesar dari hasil rumus berikut :

$$bcx = 650 - 2 \times 50 - 2 \times 16 = 518 \text{ mm}$$

$$Ach = (650 - 50 - 2 \times 16)^2 = 322624 \text{ mm}^2$$

$$Ashx = 0.3 \frac{s \times bcx \times fc'}{fy} \left( \frac{Ag}{Ach} - 1 \right) = 400,9 \text{ mm}^2$$

$$Ash1 = \frac{0.09 s \times bcx \times fc'}{fy} = 388,5 \text{ mm}^2$$

$$As (D16) = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 201.14 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ Pakai} = 4 \times AS(D16) = 804.57 \text{ mm}^2$$

**Sehingga digunakan tulangan 4D16-100 mm**

- Pemasangan Tulangan di Luar Daerah Sendi Plastik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5, sisa panjang kolom diluar sendi plastik tetap harus dipasang tulangan transversal dengan tidak lebih dari :

$$6db = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$\leq 150 \text{ mm}$$

**sehingga digunakan tulangan 4D16-150 mm**

#### 4.4.3.9. Kontrol Kebutuhan Torsi

Menurut SNI 2847 : 2013 psl 11.5.1, pengaruh puntir untuk stuktur non-prategang yang dibebani tarik atau tekan aksial dapat diabaikan bila momen puntir kurang dari:

$$Pu = 4182,29 \text{ kN}$$

$$Tu = 7,12 \text{ kNm}$$

$$Ag = 422500 \text{ mm}^2$$

$$Acp = 422500 \text{ mm}^2$$

$$Pcp = 2600 \text{ mm}^2$$

$$Tu < \phi 0.083 \sqrt{fc'} \left( \frac{Acp^2}{Pcp} \right)$$

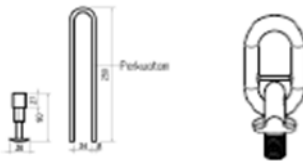
$$Tn = \frac{0.75 \times 0.083 \sqrt{35} \left( \frac{(422500)^2}{(2600)} \right)}{1000000} = 25,3 \text{ kNm}$$

$$T_u > T_n$$

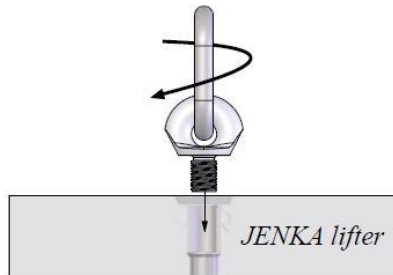
$$7,12 < 25,3 \text{ (Tidak Perlu penulangan Torsi)}$$

#### 4.4.3.10 Pengangkatan Kolom Pracetak

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis JENKA Lifting System dari Peikko Group. Tipe yang digunakan adalah *JENKA BSA Short Insert dengan kait JL*. Di satu titik angkat profil ini dapat mengangkat beban sebesar 40 kN dengan sudut  $0^\circ - 90^\circ$ .



Gambar 4. 38 Profil BSA dan Perkuatan Kait JL



Gambar 4. 39 JENKA Lifter

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan kolom pracetak Rumah Susun Tambak Osowilangun Surabaya :  
(Lampiran)

#### 4.4.4. Perencanaan Dinding Geser / Shear Wall

Seluruh dinding geser menahan 46% gaya gempa yang disalurkan ke struktur bangunan. Terdapat dua dinding geser yaitu dinding geser dengan bentuk C dan Bentuk L. Masing-masing dinding geser dalam perencanaan dibedakan menjadi Dinding Geser arah X dan Dinding Geser Arah . Pada perhitungan ini, akan diberikan contoh perhitungan dinding geser L arah X

##### 4.4.4.1. Data Perencanaan

Dinding geser arah X menahan semua gaya yang mengakibatkan gedung bergerak ke arah sumbu X. Terdapat 4 dinding geser arah X pada tipe L dengan bentang masing-masing 3 m. Berikut merupakan data perencanaan dinding geser arah X:

- Tebal Dinding (t) : 30 cm
- Lebar Dinding arah X : 3 m
- Tinggi Dinding (h) : 4 m
- $f_c'$  : 35 Mpa
- $f_y$  : 420 Mpa
- D Longitudinal : 25 mm
- D' Transversal : 16 mm
- Decking (d') : 50 mm
- dx :  $300 - 50 - 0.5 \times 16 = 242$  mm
- $\delta$  : 24,2 mm

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS didapat gaya aksial dan momen yang bekerja pada shearwall yaitu:

$$\begin{aligned} P_u &= 5262,6 \text{ kN} \\ M_u &= 2415,5 \text{ kNm} \\ V_u &= 399,75 \text{ kN} \end{aligned}$$

##### 4.4.4.2. Kontrol Ketebalan Minimum Dinding Geser

Menurut SNI 2847 : 2013 PsI. 14.5.3, Ketebalan dinding tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1}{25} \lambda c < \text{Tebal dinding (t)}$$

$$\frac{1}{25} 3000 = 120 \text{ mm} < 400 \text{ mm (ok)}$$

$$\frac{1}{25} 4000 = 160 \text{ mm} < 400 \text{ mm (ok)}$$

#### 4.4.4.3. Kontrol Dimensi Penampang terhadap Gaya Geser

Berdasarkan SNI 2847 : 2013, pasal 21.9.4.4, kontrol dimensi penampang dinding geser terhadap gaya geser, tidak boleh diambil melebihi :

$$V_n < 0.83 A_c v \sqrt{f_c'}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{1172.83}{0.75} = 533 \text{ kN}$$

$$0.83 A_c v \sqrt{f_c'} = \frac{0.83 \times 300 \times 3000 \times \sqrt{35}}{1000} = 4419,3 \text{ kN}$$

$$V_n = 533 \text{ kN} < 0.83 A_c v \sqrt{f_c'} = 4419,3 \text{ kN (ok)}$$

#### 4.4.4.4. Penulangan Geser Shear Wall

Terdapat dua kondisi berdasarkan SNI 2847 : 2013 untuk menentukan jumlah lapisan tulangan pada dinding, yaitu :

- Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.9.2.2 : bahwa sedikitnya harus dipasang dua lapis tulangan pada dinding apabila gaya geser terfaktor melebihi gaya geser nominal

$$V_u < 0.17 A_c v \sqrt{f_c'}$$

$$399,75 \text{ kN} < \frac{0.17 \times 3000 \times 300 \sqrt{35}}{1000}$$

$$399,75 \text{ kN} < 905,62 \text{ kN (1 lapis tulangan)}$$

- Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 14.3.4 : bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250



mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang 2 lapis tulangan.

300 mm > 250 mm (2 Lapis Tulangan)

Dari kedua persyaratan tersebut, maka pada dinding geser arah X dipasang 2 lapis tulangan.

#### 4.4.4.5. Penulangan Geser Shear Wall Arah X

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 21.9.4.1, kuat geser dinding struktural dikatakan mencukupi apabila dipenuhi kondisi berikut :

$$V_u < V_n$$

$$V_n = A_{cv} [\alpha \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

$$\frac{h}{l} = \frac{4000}{4000} = 1 < 2, \text{ maka } \alpha = 0.25$$

Dinding geser direncanakan dengan menggunakan tulangan geser 2D16 Dengan s = 200 mm.

$$\rho_n = \frac{A_s}{d \times s} = \frac{2 \times \frac{1}{4} \pi \times 16^2}{242 \times 200} = 0.0083$$

$$\phi V_n = \frac{300 \times 3000 [0.25 \times \sqrt{35} + 0.0083 \times 420]}{1000} = 4472,93 \text{ kN}$$

$$V_u = 399,75 \text{ kN} < V_n = 4472,93 \text{ kN (OK)}$$

#### 4.4.4.6. Kontrol Rasio Tulangan

Menurut SNI 2847 : 2013 psl 11.9.9.2 : rasio tulangan horisontal ( $\rho_n$ ) tidak boleh kurang dari 0.0025, dipakai tulangan horisontal 2D16 dengan rasio tulangan

$$\rho_n = 0.0083 > 0.0025 \text{ (OK)}$$

#### 4.4.4.7. Kontrol Spasi Tulangan Vertikal dan Horizontal

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.9.1 : Spasi tulangan vertikal dan tulangan horisontal tidak boleh lebih dari 450 mm.

$$S_{\text{transversal}} = 200 \text{ mm} < 450 \text{ mm (OK)}$$

$$S_{\text{longitudinal}} = 200 \text{ mm} < 450 \text{ mm (OK)}$$

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.3 : Spasi tulangan Horizontal tidak boleh lebih dari :

$$s < \frac{l}{3} = \frac{3000}{5} = 600 \text{ mm}$$

$$s < 3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$$

$$s < 450 \text{ mm}$$

$$s \text{ pakai} = 200 \text{ mm (OK)}$$

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.5 : Spasi tulangan vertikal tidak boleh lebih dari :

$$s < \frac{l}{3} = \frac{3000}{3} = 1000 \text{ mm}$$

$$s < 3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$$

$$s < 450 \text{ mm}$$

$$s \text{ pakai} = 200 \text{ mm (OK)}$$

#### 4.4.4.8. Kontrol Komponen Batas

- Komponen batas diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada shearwall lebih dari  $0.2f'_c$ . SNI 2847:2013 Pasal 21.9.6.3.

$$\frac{Mu}{W} + \frac{Pu}{Ac} > 0.2 f'_c$$

$$\frac{2415,53 \times 10^6}{\frac{1}{6} \times 300 \times 3000^2} + \frac{5262,6 \times 10^3}{300 \times 3000} > 0.2 \times 35$$

$$11,2 \text{ Mpa} > 7 \text{ Mpa (butuh Komponen Batas)}$$

- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.2, penentuan elemen pembatas khusus berdasarkan pendekatan perpindahan (Displacement Method) dimana element pembatas diperlukan apabila:

$$C > \frac{lw}{600 \times \left(\frac{\delta}{ht}\right)}, \frac{\delta}{ht} > 0.007$$

$$\frac{\delta}{ht} = \frac{24,2}{52 \times 1000} = 0.0005, \text{ maka digunakan } 0.007$$

$$C > \frac{3000}{600 \times 0.007} = 952.38 \text{ mm}$$

Dari output SpColumn, didapatkan nilai  $c = 1082 \text{ mm}$

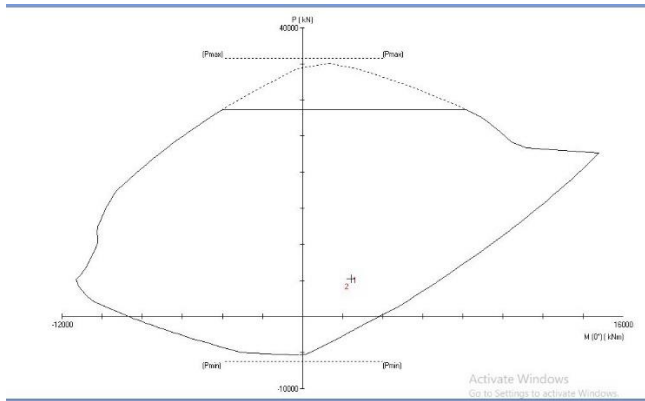
$952.38 \text{ mm} < 1082 \text{ mm}$ , (butuh komponen batas)

- Dari perhitungan kontrol diatas, panel tersebut harus diberi boundary element. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.4, boundary element harus dipasang horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang dari :  
 $(c - 0.1 Lw) = 1082 - 0.1 \times 3000 = 782 \text{ mm}$   
 $c/2 = 1082/2 = 541 \text{ mm}$

Sehingga digunakan jarak element pembatas = 800 mm

#### 4.4.4.9. Kontrol Tulangan Longitudinal ShearWall

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan shearwall menggunakan program bantu SpColumn, didapatkan diagram interaksi sebagai berikut :

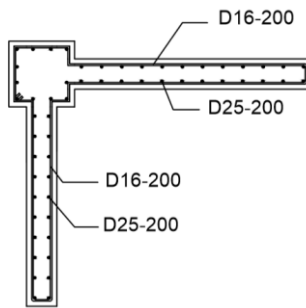


Gambar 4. 40 Diagram Interaksi ShearWall arah X

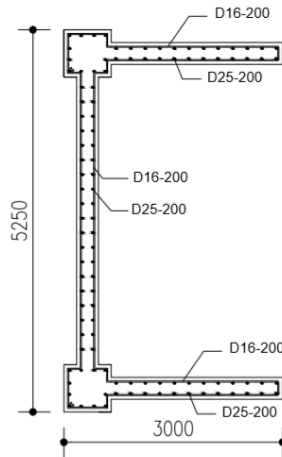
Dari grafik di atas, didapatkan momen nominal shearwall :

$$M_n = 6948 \text{ kNm} > M_u = 2415,53 \text{ kNm (OK)}$$

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan ShearWall Rumah Susun Tambak Osowilangun Surabaya :



Gambar 4. 41 Penulangan ShearWall Tipe L



Gambar 4. 42 Penulangan ShearWall Tipe C

#### 4.5. Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak

##### 4.5.1 Umum

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya. Gaya-gaya tersebut untuk selanjutnya diteruskan ke pondasi. Selain itu desain sambungan dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

Sambungan basah relatif mudah dalam pelaksanaannya jika dibandingkan dengan sambungan kering (non topping) seperti mechanical connection dan welding connection yang cukup rumit.

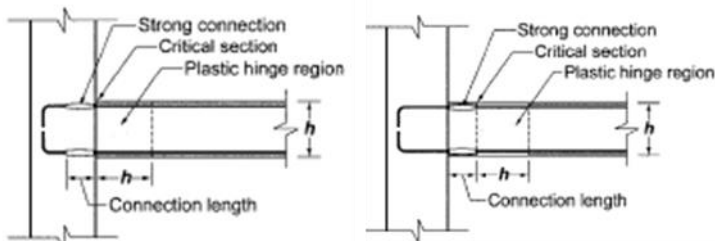
Untuk sambungan basah dalam daerah joint, diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran dan sambungan lewatan. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan beton topping. Di dalam pelaksanaan biasanya dipakai stud tulangan (shear connector) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak dan pelat

topping agar pelat bersifat secara monolit dalam satu kesatuan integritas struktur.

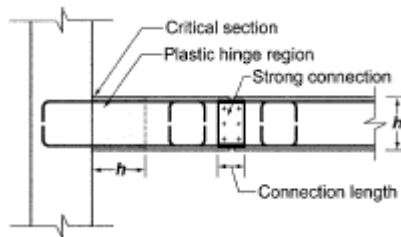
Sambungan antar elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai cukup kekuatan, kekakuan dan dapat memberikan kebutuhan daktilitas yang disyaratkan. Baik sambungan cor setempat maupun sambungan grouting sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat (cast in situ).

#### 4.5.2 Konsep Desain Sambungan

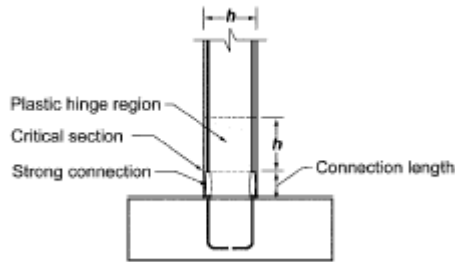
Konsep desain sambungan pada perencanaan gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun ini berdasarkan dengan detail sambungan yang disyaratkan pada ACI 318M-14 pasal 18.9 sebagai berikut:



Gambar 4. 43 Detail Sambungan Balok – Kolom



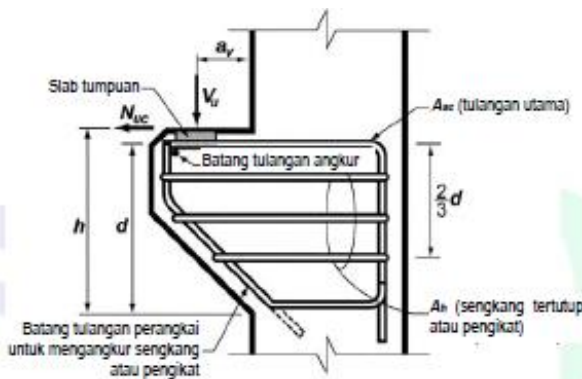
Gambar 4. 44 Detail Sambungan Balok – Balok



Gambar 4. 45 Detail Sambungan Kolom – Kolom

#### 4.5.3. Perencanaan Konsol pada Elemen Pracetak

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom maupun balok induk dan balok anak, dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan begitupun antara balok induk dan balok anak. Perencanaan konsol tersebut mengikuti persyaratan yang diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 11.8 mengenai konsol pendek. Bentuk konsol pendek yang dipakai dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4. 46 Geometrik Konsol Pendek

## a. Perhitungan Konsol Pendek

Dalam perencanaan konsol pendek, akan diberikan contoh perhitungan konsol pada kolom dan balok 30/40 cm. Berikut merupakan perhitungan konsol pendek pada kolom :

## ➤ Data Perencanaan

$V_u$	: 141.6 kN
$N_u$	: 28.32 kN
$f_c'$	: 35 Mpa
$f_y$	: 420 Mpa
Decking ( $d'$ )	: 40 mm
$D_{\text{longitudinal}}$	: 13 mm
$D'_{\text{transversal}}$	: 8 mm
$b$	: 300 mm
$h$	: 300 mm
$dx$	: $h - d' - 0.5D = 253,5$ mm
$a_v$	: 150 mm
$l$	: 300 mm

## ➤ Menentukan Luasan Tulangan Geser Friksi

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.6.5, untuk beton normal, kuat geser  $V_n$  tidak boleh diambil lebih besar daripada:

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{141,6}{0.75} = 188,8 \text{ kN}$$

$$0.2 \times f_c' \times bw \times d = 0,2 \times 35 \times 300 \times 253,5 \\ = 532,35 \text{ kN (ok)}$$

$$(3.3 + 0.08f_c')bw \times dx = (3.3 + 0.08 \times 35)300 \times 253,5$$

$$(3.3 + 0.08f_c')bw \times dx = 463,9 \text{ kN(ok)}$$

$$11 \times bw \times dx = 11 \times 300 \times 253,5 = 836,55 \text{ kN (ok)}$$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu} = \frac{188,8}{420 \times 1.4} = 321,09 \text{ mm}^2$$



➤ Luas Tulangan Lentur

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4 akan digunakan  $Nuc$  minimum, sebagai berikut :

$$Mu = Vu \times a + Nuc(h - dx)$$

$$Mu = 141,6 \times 1000 \times 150 + 28,32(300 - 253,5) \\ = 2,3 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$Af = \frac{Mu}{\phi f_y j d} = \frac{2,3 \times 10^7}{0,75 \times 420 \times 0,85 \times 300} = 280,82 \text{ mm}^2$$

$$An = \frac{Nuc}{\phi f_y} = \frac{28,32}{0,9 \times 420} = 74,9 \text{ mm}^2$$

• Kontrol Luasan Tulangan Primer

$$Asc = \frac{2}{3} Avf + An = \frac{2}{3} \times 321,09 + 74,9 \\ = 288,98 \text{ mm}^2$$

$$Asc = Af + An = 280,82 + 74,92 = 355,7 \text{ mm}^2$$

$$Asc \text{ pakai} = 355,7 \text{ mm}^2$$

$$Asc \text{ min} = 0,04 \frac{f_c'}{f_y} b w d x = 0,04 \frac{35}{420} 300 \times 253,5$$

$$Asc \text{ min} = 253,5 \text{ mm}^2$$

• Kontrol Luasan Tulangan Horizontal Tertutup

$$Ah = 0,5(Asc - An) = 0,5(355,74 - 74,9)$$

$$Ah = 140,41 \text{ mm}^2$$

• Menentukan Banyaknya Tulangan

$$As(D13) = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi \times 13^2 = 132,79 \text{ mm}^2$$

$$As(D10) = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi \times 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ Primer} = \frac{Asc}{As(D13)} = \frac{355,7}{132,79} \approx 3$$

$$n_{\text{Sekunder}} = \frac{Ah}{A_s (D8)} = \frac{140,41}{50,29} \approx 3$$

b. Rekapitulasi Konsol Pendek

Konsol pendek digunakan pada sambungan balok induk ke kolom. Selain itu juga digunakan pada sambungan balok anak ke balok induk, dengan perhitungan yang sama berikut merupakan tabel rekapitulasi penulangan konsol pendek: (Lampiran)

#### 4.5.4 Perencanaan Sambungan Balok – Kolom

Sambungan balok dengan kolom memanfaatkan panjang penyaluran pada tulangan balok. Tulangan balok nantinya akan diteruskan atau dikaitkan ke dalam kolom. Panjang penyaluran bagian bawah akan menerima tekan dan panjang penyaluran bagian atas akan menerima Tarik. Maka perhitungan panjang penyaluran dihitung dalam dua kondisi yaitu tekan dan tarik. Pada sambungan balok-kolom terdapat 2 kondisi yaitu sambungan *single sided connection* dan *double sided connection*.

Dalam perencanaan sambungan ini akan digunakan produk sambungan dari *Peikko group* yaitu dengan menggunakan *Modix Rebar Couplers*. Diketahui bahwa *Modix Rebar Coupler* didesain untuk sambungan elemen pracetak yang tahan terhadap gaya tarik maupun gaya tekan yang terjadi pada penampang beton. Kekuatan leleh yang dimiliki oleh *Modix Rebar Coupler* adalah 550 Mpa, sehingga sambungan Coupler ini dapat digunakan karena kekuatan leleh pada baja tulangan hanya 420 Mpa. Dalam perencanaan tulangan atas dan bawah digunakan *Modix Rebar Coupler type PM*. Untuk kait standard juga menggunakan produk *Peikko Group* yang sesuai dengan perhitungan berikut :

❖ Sambungan Balok 30/40 – Kolom

➤ Data Perencanaan Sambungan

db	= 25 mm
fc'	= 35 Mpa
fy	= 420 Mpa

➤ Single Sided Connection

- Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = lhb \frac{fy}{400}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{f'c}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{35}} = 422,57 \text{ mm}$$

$$ldh = 422,57 \times \frac{420}{400} \approx 443 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai  $ldh = 450 \text{ mm}$  dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian *Overtopping* balok menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Rebar Coupler* . Profil yang diigunakan pada bagian Kolom pada semua dimensi adalah **Modix Coupler SM25A P12 – 760(460) -- PM25-- SM25B P-800** , pada bagian balok panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 400 \text{ mm} = 800 \text{ mm}$ .

- Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$l_{dc} \geq 0.24 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} d_b = 0.24 \frac{420}{\sqrt{30}} 25 = 425,96 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 0.043 f_y d_b = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah  $l_{dc} = 460 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tekan di balok menggunakan produk dari Peikko Group yaitu Modix Rebar Coupler . Profil yang diigunakan pada bagian Kolom pada semua dimensi adalah **Modix Coupler SM25A-L-460 -- PM25-- SM25B P- 800** , pada bagian balok panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 400 \text{ mm} = 800 \text{ mm}$

#### ➤ Double Sided Connection

- Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Perhitungan ini dilakukan ketika jumlah tulangan tarik di kedua sisi tidak sama, sehingga ada tulangan yang tidak memiliki pasangan. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$l_{dh} = l_{hb} \frac{f_y}{400}$$

$$l_{dh} \geq 8d_b$$

$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{f c'}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{35}} = 422,58 \text{ mm}$$

$$ldh = 422,58 \times \frac{420}{400} \approx 443 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai  $ldh = 450 \text{ mm}$  dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- **Pemilihan Profil Sambungan**

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tarik di balok menggunakan produk dari Peikko Group yaitu Modix Rebar Coupler. Profil yang digunakan pada bagian Kolom ukuran 0,65/0,65 m adalah **Modix Coupler SM25A-D-650 -- PM25-- SM25B P- 800** , Kolom ukuran 0,55/0,55 m adalah **Modix Coupler SM25A-D-550 -- PM25-- SM25B P- 800** , Kolom ukuran 0,45/0,45 m adalah **Modix Coupler SM25A-D-450 -- PM25-- SM25B P- 800**, Kolom ukuran 0,35/0,35 m adalah **Modix Coupler SM25A-D-350 -- PM25-- SM25B P- 800**. Pada bagian balok panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 400 \text{ mm} = 800 \text{ mm}$ . Sedangkan untuk tulangan yang tidak memiliki pasangan, dipakai profil pada kolom pada semua dimensi adalah **Modix Coupler SM25A P12 – 760(450) -- PM25-- SM25B P- 800** , pada bagian balok panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 400 \text{ mm} = 800 \text{ mm}$ .

- Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tekan

Perhitungan ini dilakukan ketika jumlah tulangan tekan di kedua sisi tidak sama, sehingga ada tulangan yang tidak memiliki pasangan. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$l_{dc} \geq 0.24 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} d_b = 0.24 \frac{420}{\sqrt{35}} 25 = 425,96 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 0.043 f_y d_b = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah  $l_{dc} = 460 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tekan, balok menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Rebar Coupler*. Profil yang digunakan pada bagian Kolom ukuran 0,65/0,65 m adalah ***Modix Coupler SM25A-D-650 -- PM25-- SM25B P- 800***, Kolom ukuran 0,55/0,55 m adalah ***Modix Coupler SM25A-D-550 -- PM25-- SM25B P- 800***, Kolom ukuran 0,45/0,45 m adalah ***Modix Coupler SM25A-D-450 -- PM25-- SM25B P- 800***, dan Kolom ukuran 0,35/0,35 m adalah ***Modix Coupler SM25A-D-350 -- PM25-- SM25B P- 800***. Pada bagian balok panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 400 \text{ mm} = 800 \text{ mm}$ . Sedangkan untuk tulangan yang tidak memiliki pasangan, dipakai profil pada kolom pada semua dimensi adalah ***Modix Coupler SM25A P - 460 -- PM25-- SM25B P- 800***, pada bagian balok panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 400 \text{ mm} = 800 \text{ mm}$ .

#### 4.5.5. Perencanaan Sambungan Balok Anak–Balok Induk

❖ Sambungan Balok Anak 25/35 – Balok Induk 30/40

➤ Data Perencanaan Sambungan

$$db = 25 \text{ mm}$$

$$fc' = 35 \text{ Mpa}$$

$$fy = 420 \text{ Mpa}$$

➤ Single Sided Connection

• Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = lhb \frac{fy}{400}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{fc'}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{35}} = 422,6 \text{ mm}$$

$$ldh = 422,6 \times \frac{420}{400} \approx 443 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai  $ldh = 200 \text{ mm}$  karena balok anak hanya sebagai balok sekunder, dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam Balok induk dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian *Overtopping* balok menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Rebar Coupler* . Profil yang digunakan pada bagian balok induk adalah ***Modix Coupler SM25A P12 – 500(200) -- PM25-- SM25B P- 700*** , pada bagian balok anak panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 350 \text{ mm} = 700 \text{ mm}$ .

- Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$l_{dc} \geq 0.24 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} d_b = 0.24 \frac{420}{\sqrt{35}} 25 = 426 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 0.043 f_y d_b = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Dikarenakan balok anak merupakan balok sekunder, maka digunakan panjang penyaluran minimum tulangan dalam kondisi tekan adalah  $l_{dc} = 200 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tekan di balok menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Rebar Coupler* . Profil yang digunakan pada bagian Balok Induk adalah ***Modix Coupler SM25A-L-200 -- PM25-- SM25B P- 700*** , pada bagian balok anak panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 350 \text{ mm} = 700 \text{ mm}$



➤ Double Sided Connection

- Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Perhitungan ini dilakukan ketika jumlah tulangan tarik di kedua sisi tidak sama, sehingga ada tulangan yang tidak memiliki pasangan. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = lhb \frac{fy}{400}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{fc'}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{35}} = 422,6 \text{ mm}$$

$$ldh = 422,6 \times \frac{420}{400} \approx 443 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$Ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Dikarenakan balok anak merupakan struktur sekunder, maka dipakai  $ldh = 200 \text{ mm}$  dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam balok induk dengan panjang kait standar  $90^\circ$  sebesar  $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$ .

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tarik di balok menggunakan produk dari Peikko Group yaitu *Modix Rebar Coupler*. Profil yang digunakan pada bagian Balok induk ukuran 0,3/0,4 m adalah **Modix Coupler SM25A-D-400 -- PM25 -- SM25B P- 700** , Pada bagian balok anak panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 350 \text{ mm} = 700 \text{ mm}$ . Sedangkan untuk tulangan yang

tidak memiliki pasangan, dipakai profil pada balok induk *Modix Coupler SM25A P12 -500(200) -- PM25-- SM25B P- 700* , pada bagian balok panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 350 \text{ mm} = 700 \text{ mm}$ .

- Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tekan

Perhitungan ini dilakukan ketika jumlah tulangan tekan di kedua sisi tidak sama, sehingga ada tulangan yang tidak memiliki pasangan. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$l_{dc} \geq 0.24 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} d_b = 0.24 \frac{420}{\sqrt{35}} 25 = 425,6 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 0.043 f_y d_b = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Karena balok anak merupakan struktur sekunder, maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah  $l_{dc} = 200 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tekan balok menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Rebar Coupler* . Profil yang diigunakan pada bagian balok induk ukuran 0,3/0,4 m adalah *Modix Coupler SM25A-D-400 -- PM25-- SM25B P- 700* , Pada bagian balok panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 300 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$ . Sedangkan untuk tulangan yang tidak memiliki pasangan, dipakai profil pada balok induk *Modix Coupler SM25A L - 200 -- PM25-- SM25B P- 700* , pada bagian balok panjang Coupler sepanjang  $2 \times h = 2 \times 350 \text{ mm} = 700 \text{ mm}$ .

#### 4.5.6. Perencanaan Sambungan Pelat-Balok

Sambungan antara balok dengan pelat mengandalkan adanya tulangan yang dipasang memanjang melintas tegak lurus di atas balok (menghubungkan stud-stud pelat). Selanjutnya pelat pracetak yang sudah dihubungkan stud – studnya tersebut diberi *overtopping* dengan metode *cast-in situ*. Proses *overtopping* tersebut dilakukan bersamaan dengan proses penyambungan *overtopping* balok pracetak (sambungan balok induk dan kolom pracetak. Dapat disimpulkan bahwa semua komponen pracetak dapat dilakukan dalam waktu bersamaan.

➤ Data Perencanaan Sambungan

db : 10 mm

fc' : 35 Mpa

fy : 420 Mpa

➤ Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Kondisi Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.1, bahwa tulangan ulir dalam kondisi Tarik  $l_d$  tidak boleh kurang dari, sebagai berikut:

$l_d > 300 \text{ mm}$

$$l_d > \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{2.1 \sqrt{f_c}} \right) db$$

$$l_d > \left( \frac{420 \times 1 \times 1}{2.1 \sqrt{35}} \right) 10 = 338,06 \text{ mm}$$

**Maka digunakan panjang penyaluran pada daerah Tarik  $l_d = 340 \text{ mm}$**

➤ Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3.1, bahwa panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan,  $l_{dc}$  tidak boleh kurang dari, sebagai berikut :

$l_{dc} > 200 \text{ mm}$

$$l_{dc} > \frac{0.24 f_y}{\sqrt{f_c}} d_b = \frac{0.24 \times 420}{\sqrt{35}} 10 = 170,38 \text{ mm}$$

$$l_{dc} > 0.043 \times f_y \times d_b = 0.043 \times 420 \times 10 = 180.6 \text{ mm}$$

**Maka digunakan panjang penyaluran pada daerah tekan  $l_{dc} = 200 \text{ mm}$**

#### 4.5.8. Perencanaan Sambungan antar Kolom Pracetak

Pada perencanaan sambungan antar kolom dengan kolom, digunakan metode *NMB Splice Sleeve*. Pada penggunaan metode *NMB Splice Sleeve* ini tidak diperlukan perhitungan panjang penyaluran untuk proses penyambungannya. Hal ini dikarenakan, tulangan antar kolom yang dilakukan penyambungan dengan coupler dianggap sudah monolit dan menerus. Untuk ilustrasi mengenai penyaluran antar tulangan kolom pracetak tersebut dapat dilihat pada gambar berikut :

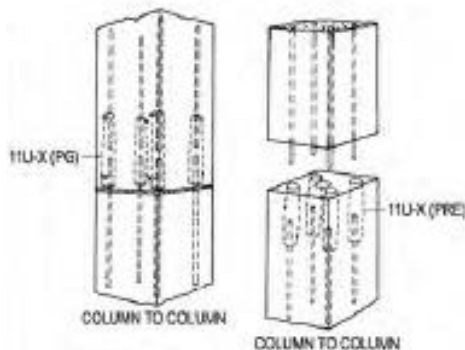


Gambar 4. 47 Ilustrasi Pertemuan antar Tulangan Kolom

➤ Mekanisme Penyambungan

Pada proses penyambungan antar kolom dilakukan proses grouting pada bagian panjang penyalurannya yang juga menggunakan coupler. Untuk itu, pada bagian kolom tersebut diberi lubang sebagai tempat meletaknya coupler yang berguna untuk melakukan proses grouting tersebut. Lubang grouting di lakukan pada sisi-sisi kolom tersebut yang telah ditetapkan lubang coupler untuk menuju aluran panjang penyaluran.

Pada penyambungan antar kolom dengan dimensi berbeda pada dasarnya sama seperti pada proses penyambungan antar kolom dengan dimensi sama, hanya saja pada tulangan panjang penyaluran pada kondisi ini lebih dilakukan penyesuaian terhadap lubang kolom yg berada di atasnya. Untuk metode penyambungannya di sini penulis menggunakan referensi dari produk *couple for splicing reinforcing bar* dari *NMB Splice Sleeve*.



Gambar 4. 48 Ilustrasi Penyambungan antar Kolom Pracetak

#### ➤ Perencanaan Sambungan Kolom-Kolom

Diketahui pada sub-bab sebelumnya, bahwa diameter tulangan yang digunakan pada kolom semua jenis adalah sebesar 25 mm. Maka berdasarkan brosur dari *NMB Splice Sleeve* digunakan tipe 8U-X dengan diameter 48 mm  $> d_b = 25$  mm dengan spesifikasi 85000 psi = 586 Mpa.  $1,5 F_y = 1,5$

x 420 = 630 Mpa sehingga termasuk kategori mechanical splice tipe 2. Sesuai dengan ACI 318M-14 mechanical splices dapat digunakan dilokasi manapun. Dan digROUTING dengan non shrinkage SS Mortar tipe 2 yang memiliki kekuatan minimum 9500 psi = 65,5 Mpa.

Sambungan juga harus memenuhi ACI 318M-14 dimana  $\phi M_n = 479,78 \text{ kNm} > 0,4 M_{pr} = 238 \text{ kNm}$  dan  $\phi V_n = 366,3 \text{ kN} > V_e = 117,29 \text{ kN}$

## 4.6 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan bagian dasar dari konstruksi yang berfungsi sebagai penopang bangunan diatasnya yang bertujuan untuk meneruskan beban ke tanah yang diterima oleh kolom secara bertahap dan merata.

Beban yang bekerja pada pondasi dihitung menurut SNI 1726:2012 kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin.

- D
- D + L
- D + 0,75L
- D + 0,7E
- D + 0,75(0,7E) + 0,75L
- 0,6D + 0,7E

### 4.6.1. Data Perencanaan Pondasi

Pondasi pada gedung ini direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang beton (*Spun pile*) produk dari PT. Wika Beton. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang : 600 mm
- Wall thickness : 100 mm
- Concrete cross section : 1570 cm<sup>2</sup>

- Berat : 393 kg/m
- *Bending moment crack* : 29 tm
- *Bending momen ultimate* : 58 tm
- *Allowable axial load* : 229.5 t

#### 4.6.2. Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s.$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

Daya dukung SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan tiang pancang. Harus dilakukan koreksi terlebih dahulu terhadap data SPT asli. Metode perhitungan menggunakan cara dari *Terzaghi Bazaraa* 1960, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Koreksi terhadap muka air tanah

Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung, yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila  $N > 15$

a.  $N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N-15)$

b.  $N_1 = 0.6 N$

Kemudian pilih harga  $N_1$  yang terkecil

2. Koreksi terhadap *overburden pressure* dari tanah

Dari harga  $N_1$  dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal

$$N_2 = \frac{4N_1}{(1 + 0,4 P_o)} \text{ untuk } P_o < 7,5 \text{ ton}$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{(3,25 + 0,1 P_o)} \text{ untuk } P_o < 7,5 \text{ ton}$$

3. Perhitungan daya dukung satu tiang pancang

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji Standard Penetration Test (SPT) dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = C_n \times A_{ujung} = 40 \times \tilde{N} \times A_{ujung}$$

$$Q_s = \sum C_{li} \times A_{si}$$

Dimana :

$\tilde{N}$  = Harga rata – rata  $N_2$  4D dibawah ujung sampai dengan 8D diatas ujung tiang

$C_{li}$  =  $N/2$  untuk tanah lempung atau lanau dan  $N/5$  untuk tanah pasir

$A_{si}$  = Luas selimut tiang pada segmen  $i = O_i \times h_i$

$O_i$  = Keliling tiang

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.



$$P \text{ ijin 1 tiang} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

Dimana :

SF = safety factor = 3

Tabel 4. 34 Daya Dukung Tanah

Depth	Qujung	S Rsi	Qult = Qujung +	Qijin = Qult/SF
0	22.619	0.94	23.56	7.85
0.5	22.619	0.94	24.50	8.17
1	22.619	0.94	25.45	8.48
1.5	22.619	0.94	26.39	8.80
2	22.619	0.94	27.33	9.11
2.5	22.619	0.94	28.27	9.42
3	22.530	0.94	29.13	9.71
3.5	22.378	0.94	29.92	9.97
4	22.185	0.94	30.67	10.22
4.5	21.916	0.94	31.34	10.45
5	21.592	0.94	31.96	10.65
5.5	21.220	0.90	32.48	10.83

6	20.483	0.86	32.60	10.87
6.5	19.741	0.82	32.68	10.89
7	19.426	0.79	33.15	11.05
7.5	19.531	0.75	34.01	11.34
8	19.622	0.72	34.83	11.61
8.5	19.700	0.51	35.42	11.81
9	19.765	0.51	35.99	12.00
9.5	20.649	0.76	37.64	12.55
10	21.589	1.00	39.58	13.19
10.5	22.987	1.00	41.97	13.99
11	24.425	0.99	44.40	14.80
11.5	25.897	0.98	46.85	15.62
12	27.798	1.46	50.21	16.74
12.5	29.722	1.45	53.58	17.86
13	32.766	1.67	58.30	19.43
13.5	35.783	1.66	62.97	20.99
14	39.879	1.64	68.71	22.90
14.5	43.508	1.86	74.20	24.73
15	47.483	1.85	80.03	26.68

15.5	51.793	2.29	86.62	28.87
16	56.804	2.27	93.91	31.30
16.5	61.670	3.15	101.92	33.97
17	66.488	3.12	109.86	36.62
17.5	76.620	3.31	123.30	41.10
18	87.358	3.50	137.55	45.85
18.5	98.687	3.90	152.78	50.93
19	110.893	4.30	169.28	56.43
19.5	123.659	4.26	186.30	62.10
20	135.504	7.58	205.73	68.58
20.5	147.222	7.92	225.37	75.12
21	157.611	8.25	244.01	81.34
21.5	168.221	8.98	263.60	87.87
22	178.340	9.29	283.02	94.34
22.5	188.629	9.20	302.51	100.84
23	198.068	9.10	321.05	107.02
23.5	206.673	9.21	338.86	112.95
24	215.190	9.31	356.69	118.90
24.5	217.853	9.22	368.57	122.86

25	221.007	9.50	381.23	127.08
25.5	223.421	9.41	393.05	131.02
26	225.010	9.32	403.96	134.65
26.5	226.185	9.23	414.36	138.12
27	227.635	9.14	424.94	141.65
27.5	229.645	9.76	436.71	145.57
28	234.174	9.66	450.90	150.30
28.5	238.294	9.91	464.93	154.98
29	242.909	9.98	479.53	159.84
29.5	249.024	10.04	495.69	165.23
30	258.896	10.28	515.84	171.95
30.5	270.237	11.85	539.03	179.68
31	281.392	11.71	561.90	187.30
31.5	292.367	11.91	584.78	194.93
32	301.942	13.07	607.43	202.48
32.5	311.375	15.17	632.03	210.68
33	317.031	15.93	653.61	217.87
33.5	323.491	15.73	675.81	225.27
34	330.985	15.54	698.84	232.95

34.5	339.418	15.35	722.62	240.87
35	345.530	15.16	743.89	247.96

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung tanah, maka tiang pancang direncanakan berhenti sampai elevasi -35 m yang memiliki nilai daya dukung sebesar 247.96 ton.

Dari hasil analisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS, diambil output semua reaksi perletakkan.

Tabel 4. 35 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 1

Kombinasi	P	Hx	Hy	Mx	My	Pizin	Jumlah tiang
	Kn	Kn	Kn	Knmm	Knmm	Kn	
Envelope	2810.887	26.4966	25.3777	51.5834	97.2941	1824.909	4
1D+0.75L+	2146.427	18.8263	13.2475	0.6507	68.3229	1824.909	4
1D+1L	2100.899	15.1089	13.3451	4.526	52.1745	1824.909	4
1D+0.75L+	1887.763	6.8652	17.4215	17.8197	17.908	1824.909	4
1D+0.75L	1862.246	7.8348	18.6827	-30.445	22.6342	1824.909	4
1D+0.7Ey	1734.681	3.3559	11.4961	-16.8897	3.0858	1824.909	4
1D+0.7Ex	1705.976	3.2809	11.2283	-16.4939	3.0054	1824.909	4
Dead	1619.863	3.0557	10.4251	15.3065	2.7641	1824.909	4
0.6D+0.7E	1498.481	17.6041	9.0775	6.7733	67.2173	1824.909	4
0.6D+0.7E	1214.3	6.6126	14.5127	36.5676	21.5286	1824.909	4

Tabel 4. 36 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 2

Kombinasi	P	Hx	Hy	Mx	My	Pizin	Jumlah tiang
	Kn	Kn	Kn	Knm	Knm	Kn	
Envelope	3302.054	42.9118	20.4035	116.1893	84.7483	1824.909	4
1D+0.75L+	2498.99	1.2879	30.8868	44.1365	50.8472	1824.909	4
1D+1L	2362.047	32.0261	14.3235	83.9494	1.4194	1824.909	4
1D+0.75L+	2246.935	20.4022	44.5807	38.2922	31.7444	1824.909	4
1D+0.75L	2144.228	45.3877	32.1582	68.1518	-5.3265	1824.909	4
1D+0.7Ey	1954.517	32.3694	0.0385	36.5494	60.0111	1824.909	4
1D+0.7Ex	1817.574	0.9446	16.6018	76.3623	10.5833	1824.909	4
Dead	1404.379	80.2933	80.0963	19.565	23.7944	1824.909	4
0.6D+0.7E	1393.58	79.6459	79.4005	19.4157	23.5732	1824.909	4
0.6D+0.7E	1361.182	77.7037	77.3132	18.9678	22.9096	1824.909	4

Tabel 4. 37 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 3

Kombinasi	P	Hx	Hy	Mx	My	Pizin	Jumlah tiang
	Kn	Kn	Kn	Knm	Knm	Kn	
Envelope	3032.09	161.2089	1.5669	0.1657	38.2039	1824.909	8
1D+0.75L+	6385.047	357.9267	219.4132	87.0353	197.6422	1824.909	8
1D+1L	5061.419	287.1194	219.9467	87.0613	180.8737	1824.909	8
1D+0.75L+	7767.423	329.4674	593.6855	262.7588	90.2081	1824.909	8
1D+0.75L	12409.43	541.1415	888.064	386.3674	275.1097	1824.909	8
1D+0.7Ey	9091.05	400.2748	593.152	262.7328	106.9767	1824.909	8
1D+0.7Ex	3442.999	184.3546	1.273	0.1543	43.6807	1824.909	8
Dead	5749.983	320.0359	164.2872	65.171	160.4713	1824.909	8
0.6D+0.7E	7779.486	351.7969	444.5914	196.9441	92.4721	1824.909	8
0.6D+0.7E	3487.643	186.8	1.2527	0.1841	44.2671	1824.909	8

Tabel 4. 38 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 4

Kombinasi	P	Hx	Hy	Mx	My	Pizin	Jumlah tiang
	Kn	Kn	Kn	Knmm	Knmm	Kn	
Envelope	3105.923	22.1025	8.4218	31.9275	114.0748	1824.909	6
1D+0.75L+	3323.657	6.0135	24.0545	104.3686	32.1446	1824.909	6
1D+1L	4962.087	1.5419	1.0854	5.5846	5.3011	1824.909	6
1D+0.75L+	5090.758	21.4858	8.856	29.6936	111.9543	1824.909	6
1D+0.75L	5276.296	1.6695	1.1559	6.0018	5.6467	1824.909	6
1D+0.7Ey	5308.492	5.3968	24.4887	102.1348	30.0242	1824.909	6
1D+0.7Ex	5372.799	15.6013	6.9839	20.4568	82.2948	1824.909	6
Dead	5381.032	1.712	1.1794	6.1409	5.7619	1824.909	6
0.6D+0.7E	5536.1	3.5346	18.7084	74.7876	20.8473	1824.909	6
0.6D+0.7E	6946.922	31.509	37.7876	151.8191	162.7368	1824.909	6

Tabel 4. 39 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 5

Kombinasi	P	Hx	Hy	Mx	My	Pizin	Jumlah tiang
	Kn	Kn	Kn	Knmm	Knmm	Kn	
Envelope	4699.288	18.9314	17.6635	51.0584	150.3846	1824.909	6
1D+0.75L+	3074.448	24.6615	16.4861	54.9779	159.8868	1824.909	6
1D+1L	3055.812	1.4281	43.2586	169.7108	38.229	1824.909	6
1D+0.75L+	6126.252	34.6168	63.0039	242.0241	227.3917	1824.909	6
1D+0.75L	4680.652	4.302	44.4359	165.7913	28.727	1824.909	6
1D+0.7Ey	4165.124	15.4351	3.0908	10.5351	25.4854	1824.909	6
1D+0.7Ex	4643.015	9.5075	14.1309	35.1078	105.1197	1824.909	6
Dead	4629.038	7.9177	34.2103	121.1575	13.8764	1824.909	6
0.6D+0.7E	4062.101	14.3253	2.9433	9.7987	23.7552	1824.909	6
0.6D+0.7E	4199.465	15.8052	3.14	10.7805	26.062	1824.909	6

Tabel 4. 40 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 6

Kombinasi	P	Hx	Hy	Mx	My	Pizin	Jumlah tiang
	Kn	Kn	Kn	Knmm	Knmm	Kn	
Envelope	5939.596	61.6503	18.1895	71.5386	251.7561	1824.909	6
1D+0.75L+	3919.616	56.026	18.4381	73.8047	245.8061	1824.909	6
1D+1L	3677.703	22.8363	48.2631	198.0219	80.3226	1824.909	6
1D+0.75L+	7826.144	86.3328	69.7606	282.6456	358.0252	1824.909	6
1D+0.75L	5697.683	28.4605	48.0144	195.7557	86.2727	1824.909	6
1D+0.7Ey	5254.532	15.1666	0.4199	6.5249	16.2055	1824.909	6
1D+0.7Ex	5921.767	50.8589	13.6884	51.3782	193.8662	1824.909	6
Dead	5740.332	25.9666	36.0572	144.5411	69.7536	1824.909	6
0.6D+0.7E	5049.949	14.0605	0.6216	5.6656	14.8754	1824.909	6
0.6D+0.7E	5322.726	15.5353	0.3527	6.8113	16.6488	1824.909	6

#### 4.6.3. Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok

Untuk mengetahui jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dalam satu kolom adalah dengan membagi beban aksial dan daya dukung ijin satu tiang.

Terdapat beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikulnya. Jumlah tiang pancang direncanakan jarak nya sesuai dengan yang diijinkaan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang group sebesar 1,2 meter. Untuk daya dukung ini diambil nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah. Diberikan contoh perhitungan Poer tipe 2 dengan 4 tiang.

- Daya dukung bahan :

Dari spesifikasi bahan tiang pancang didesain :

$$\bar{P}_{\text{ltiang}} = 229,5 \text{ ton}$$

- Daya dukung tanah :

$$\bar{P}_{\text{ltiang}} = 247,96 \text{ ton}$$



Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi ( $\eta$ ) menurut Seiler-Keeney Formula.

$$Ce = 1 - \frac{\arctan(\phi/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$Ce = 1 - \frac{18,43}{90} \times \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right) = 0,79$$

Dimana :

$\emptyset$  = diameter tiang pancang

S = Jarak antar tiang pancang

m = Jumlah baris tiang pancang dalam grup

n = Jumlah kolom tiang pancang dalam grup

Sehingga perhitungan efisiensinya menjadi

$$\begin{aligned} \text{QL (group)} &= \text{QL (1 tiang)} \times Ce \\ &= 229,5 \times 9,81 \times 0,79 = 182,491 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### 4.6.4. Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan :

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2} \leq P_{ijin \text{ tanah (1 tiang)}}$$

Perhitungan jarak tiang

$2D \leq S \leq 3D$  dengan  $S$  = jarak antar tiang

$120 \leq S \leq 180$  dipakai  $S = 180$  cm

$1D \leq S \leq 2D$  dengan  $S$  = jarak tepi

$60 \leq S \leq 120$  dipakai  $S = 90$  cm

$P = 3302,05$  kN

$N = 4$  tiang

$M_y = 84,7483$  kNm

$M_x = 116,189$  kNm

$X_{max} = 0,9$  m

$Y_{max} = 0,9$  m

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$$

$$P_{max} = \frac{3302,05}{4} \pm \frac{84,74 \times 0,9}{1,8^2} \pm \frac{116,189 \times 0,9}{1,8^2}$$

$$P_{max} = 839,467 \text{ kN} \leq 1824,91 \text{ kN (1 tiang)} \dots \text{OK}$$

Tabel 4. 41 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum tipe 1

Kombinasi	P	Mx	My	P/n	My x Xmax	Mx x Ymax	Pmax	Pizin	Pizin > Pmax
	Kn	kNm	kNm				Kn	Kn	
Envelope Max	4183.039	71.6954	95.7645	1045.76	6.650	4.979	1057.39	1824.91	ok
1D+0.75L+0.525Ey Max	3204.433	32.9096	23.3906	801.1083	1.624	2.285	805.02	1824.91	ok
1D+1L	3159.828	8.6997	10.1393	789.9571	0.704	0.604	791.27	1824.91	ok
1D+0.75L+0.525Ey Max	3157.077	4.0767	54.0337	789.2693	3.752	0.283	793.30	1824.91	ok
1D+0.75L	3116.842	8.5408	10.1492	779.2106	0.705	0.593	780.51	1824.91	ok
1D+0.7Ey Max	3104.673	47.203	27.8342	776.1682	1.933	3.278	781.38	1824.91	ok
1D+0.7Ex Max	3041.532	8.7591	68.6917	760.3829	4.770	0.608	765.76	1824.91	ok
Dead	2694.588	7.0105	10.7476	673.6471	0.746	0.487	674.88	1824.91	ok
1D+0.7Ey Max	1909.519	50.4287	23.7626	477.3797	1.650	3.502	482.53	1824.91	ok
1D+0.7Ex Max	1846.378	11.9848	64.62	461.5944	4.4875	0.832278	466.9142	1824.909	ok

Tabel 4. 42 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum tipe 2

Kombinasi	P	Mx	My	P/n	My x Xmax	Mx x Ymax	Pmax	Pizin	Pizin > Pmax
	Kn	kNm	kNm				Kn	Kn	
Envelope Max	3302.054	116.1893	84.7483	825.5135	5.885	8.069	839.47	1824.91	ok
1D+0.75L+0.525Ey Max	2498.99	44.1365	50.8472	624.7474	3.531	3.065	631.34	1824.91	ok
1D+1L	2362.047	83.9494	1.4194	590.5117	0.099	5.830	596.44	1824.91	ok
1D+0.75L+0.525Ex Max	2246.935	38.2922	31.7444	561.7337	2.204	2.659	566.60	1824.91	ok
1D+0.75L	2144.228	68.1518	-5.3265	536.057	-0.370	4.733	540.42	1824.91	ok
1D+0.7Ey Max	1954.517	36.5494	60.0111	488.6292	4.167	2.538	495.33	1824.91	ok
1D+0.7Ex Max	1817.574	76.3623	10.5833	454.3935	0.735	5.303	460.43	1824.91	ok
Dead	1404.379	19.565	-23.7944	351.0946	1.652	1.359	354.11	1824.91	ok
0.6D+0.7Ey Max	1393.58	19.4157	-23.5732	348.3949	1.637	1.348	351.38	1824.91	ok
0.6D+0.7Ex Max	1361.182	18.9678	-22.9096	340.2956	1.590944	1.317208	343.2038	1824.909	ok

Tabel 4. 43 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum tipe 3

Kombinasi	P	Mx	My	P/n	My x Xmax	Mx x Ymax	Pmax	Pizin	Pizin > Pmax
	Kn	kNm	kNm						
Envelope Max	3032.09	0.1657	38.2039	6.732625	6.650	4.979	18.36	1824.91	ok
1D+0.75L+0.525Ey Max	6385.047	87.0353	197.6422	2.80745	1.624	2.285	6.72	1824.91	ok
1D+1L	5061.419	87.0613	180.8737	2.146725	0.704	0.604	3.45	1824.91	ok
1D+0.75L+0.525Ex Max	7767.423	262.7588	90.2081	4.3284	3.752	0.283	8.36	1824.91	ok
1D+0.75L	12409.43	386.3674	275.1097	2.14585	0.705	0.593	3.44	1824.91	ok
1D+0.7Ey Max	9091.05	262.7328	106.9767	3.02535	1.933	3.278	8.24	1824.91	ok
1D+0.7Ex Max	3442.999	0.1543	43.6807	5.053275	4.770	0.608	10.43	1824.91	ok
Dead	5749.983	65.171	160.4713	2.219125	0.746	0.487	3.45	1824.91	ok
0.6D+0.7Ey Max	7779.486	196.9441	92.4721	2.168075	1.650	3.502	7.32	1824.91	ok
0.6D+0.7Ex Max	3487.643	0.1841	44.2671	4.196	4.4875	0.832278	9.515778	1824.909	ok

Tabel 4. 44 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum tipe 4

Kombinasi	P	Mx	My	P/n	My x Xmax	Mx x Ymax	Pmax	Pizin	Pizin > Pmax
	Kn	kNm	kNm						
Envelope Max	3105.923	31.9275	114.0748	6.732625	6.650	4.979	18.36	1824.91	ok
1D+0.75L+0.525Ey Max	3323.657	104.3686	32.1446	2.80745	1.624	2.285	6.72	1824.91	ok
1D+1L	4962.087	-5.5846	-5.3011	2.146725	0.704	0.604	3.45	1824.91	ok
1D+0.75L+0.525Ex Max	5090.758	29.6936	111.9543	4.3284	3.752	0.283	8.36	1824.91	ok
1D+0.75L	5276.296	-6.0018	-5.6467	2.14585	0.705	0.593	3.44	1824.91	ok
1D+0.7Ey Max	5308.492	102.1348	30.0242	3.02535	1.933	3.278	8.24	1824.91	ok
1D+0.7Ex Max	5372.799	20.4568	82.2948	5.053275	4.770	0.608	10.43	1824.91	ok
Dead	5381.032	-6.1409	-5.7619	2.219125	0.746	0.487	3.45	1824.91	ok
0.6D+0.7Ey Max	5536.1	74.7876	20.8473	2.168075	1.650	3.502	7.32	1824.91	ok
0.6D+0.7Ex Max	6946.922	151.8191	162.7368	4.196	4.4875	0.832278	9.515778	1824.909	ok

Tabel 4. 45 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum tipe 5

Kombinasi	P	Mx	My	P/n	My x Xmax	Mx x Ymax	Pmax	Pizin	Pizin > Pmax
	Kn	kNm	kNm						
Envelope Max	4699.288	51.0584	150.3846	6.732625	6.650	4.979	18.36	1824.91	ok
1D+0.75L+0.525Ey Max	3074.448	54.9779	159.8868	2.80745	1.624	2.285	6.72	1824.91	ok
1D+1L	3055.812	169.7108	38.229	2.146725	0.704	0.604	3.45	1824.91	ok
1D+0.75L+0.525Ex Max	6126.252	242.0241	227.3917	4.3284	3.752	0.283	8.36	1824.91	ok
1D+0.75L	4680.652	165.7913	28.727	2.14585	0.705	0.593	3.44	1824.91	ok
1D+0.7Ey Max	4165.124	10.5351	25.4854	3.02535	1.933	3.278	8.24	1824.91	ok
1D+0.7Ex Max	4643.015	35.1078	105.1197	5.053275	4.770	0.608	10.43	1824.91	ok
Dead	4629.038	121.1575	13.8764	2.219125	0.746	0.487	3.45	1824.91	ok
0.6D+0.7Ey Max	4062.101	9.7987	23.7552	2.168075	1.650	3.502	7.32	1824.91	ok
0.6D+0.7Ex Max	4199.465	10.7805	26.062	4.196	4.4875	0.832278	9.515778	1824.909	ok

Tabel 4. 46 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum tipe 6

Kombinasi	P	Mx	My	P/n	My x Xmax	Mx x Ymax	Pmax	Pizin	Pizin >
	Kn	kNm	kNm				Kn	Kn	Pmax
Envelope Max	5939.596	71.5386	251.7561	6.732625	6.650	4.979	18.36	1824.91	ok
1D+0.75L+0.525Ey Max	3919.616	73.8047	245.8061	2.80745	1.624	2.285	6.72	1824.91	ok
1D+1L	3677.703	198.0219	80.3226	2.146725	0.704	0.604	3.45	1824.91	ok
1D+0.75L+0.525Ex Max	7826.144	282.6456	358.0252	4.3284	3.752	0.283	8.36	1824.91	ok
1D+0.75L	5697.683	195.7557	86.2727	2.14585	0.705	0.593	3.44	1824.91	ok
1D+0.7Ey Max	5254.532	6.5249	16.2055	3.02535	1.933	3.278	8.24	1824.91	ok
1D+0.7Ex Max	5921.767	51.3782	193.8662	5.053275	4.770	0.608	10.43	1824.91	ok
Dead	5740.332	144.5411	69.7536	2.219125	0.746	0.487	3.45	1824.91	ok
0.6D+0.7Ey Max	5049.949	5.6656	14.8754	2.168075	1.650	3.502	7.32	1824.91	ok
0.6D+0.7Ex Max	5322.726	6.8113	16.6488	4.196	4.4875	0.832278	9.515778	1824.909	ok

#### 4.6.5. Kontrol Kekuatan Tiang Pancang

- Kontrol terhadap Gaya Aksial

Untuk tiang pancang diameter 60 cm, gaya aksial tidak diperkenankan melebihi 229,5 ton.

$$P_{\max} = 83,947 \text{ ton} < P_{\text{ijin}} = 229,5 \text{ ton}$$

- Kontrol terhadap Gaya Momen

Perumusan yang dipakai diambil dari buku “Daya Dukung Pondasi Dalam (Herman Wahyudi)” :

$$M_{\max} = H (e + 1,5d + 0,5f)$$

$$f = \frac{H}{9 C_u d}$$

Dimana:

H = Lateral Load

e = jarak antara lateral load (H) dengan muka tanah

D = diameter pondasi

dari lampiran data tanah di ketahui  $C_u = 1,25 \text{ kg/cm}^2$

$$f = \frac{H}{9 C_u d} = \frac{2007,33}{9 \times 3,25 \times 60} = 1,14 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= H (e + 1,5d + 0,5f) \\
 &= 2007,33 (0 + 1,5 (60) + 0,5(1,14)) \\
 &= 1,81 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

Cek kekuatan momen tiang :

$$M_{\text{crack}} = 1,81 \text{ tm} > M = 29 \text{ tm} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

Tabel 4. 47 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 1

Kombinasi	Px	Hx	Hy	H	Cu	e	D	F	Mmax	Mijin	Mizin > Mmax
	kg	kg	kg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	cm	cm	cm	tm	tm	tm
Envelope Max	418303.9	2693.05	2512.93	673.2625	3.055	0	60	0.41	0.61	29	ok
75L+0.525E	320443.3	1122.98	1504.34	376.085	3.055	0	60	0.23	0.34	29	ok
1D+1L	315982.8	858.69	514.29	214.6725	3.055	0	60	0.13	0.19	29	ok
75L+0.525E	315707.7	1731.36	808.23	432.84	3.055	0	60	0.26	0.39	29	ok
1D+0.75L	311684.2	858.34	505.26	214.585	3.055	0	60	0.13	0.19	29	ok
0.7Ey Max	310467.3	1210.14	1810.3	452.575	3.055	0	60	0.27	0.41	29	ok
0.7Ex Max	304153.2	2021.31	882.16	505.3275	3.055	0	60	0.31	0.46	29	ok
Dead	269458.8	887.65	417.88	221.9125	3.055	0	60	0.13	0.20	29	ok
0.7Ey Min	190951.9	867.23	1619.02	404.755	3.055	0	60	0.25	0.36	29	ok
0.7Ex Min	184637.8	1678.4	690.88	419.6	3.055	0	60	0.25	0.38	29	ok

Tabel 4. 48 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 2

Kombinasi	Px	Hx	Hy	H	Cu	e	D	F	Mmax	Mijin	Mizin > Mmax
	kg	kg	kg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	cm	cm	cm	tm	tm	tm
Envelope Max	330205.4	4291.18	2040.35	1072.795	3.055	0	60	0.65	0.97	29	ok
1D+0.75L+0.525Ey Max	249899	128.79	3088.68	772.17	3.055	0	60	0.47	0.70	29	ok
1D+1L	236204.7	3202.61	1432.35	800.6525	3.055	0	60	0.49	0.72	29	ok
1D+0.75L+0.525Ex Max	224693.5	2040.22	4458.07	1114.518	3.055	0	60	0.68	1.01	29	ok
1D+0.75L	214422.8	4538.77	3215.82	1134.693	3.055	0	60	0.69	1.03	29	ok
1D+0.7Ey Max	195451.7	3236.94	3.85	809.235	3.055	0	60	0.49	0.73	29	ok
1D+0.7Ex Max	181757.4	94.46	1660.18	415.045	3.055	0	60	0.25	0.37	29	ok
Dead	140437.9	8029.33	8009.63	2007.333	3.055	0	60	1.22	1.82	29	ok
0.6D+0.7Ey Max	139358	7964.59	7940.05	1991.148	3.055	0	60	1.21	1.80	29	ok
0.6D+0.7Ex Max	136118.2	7770.37	7731.32	1942.593	3.055	0	60	1.18	1.76	29	ok

Tabel 4. 49 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 3

Kombinasi	Px	Hx	Hy	H	Cu	e	D	F	Mmax	Mijin	Mizin > Mmax
	kg	kg	kg	kg	kg/cm2	cm	cm	cm	tm	tm	tm
Envelope Max	303209	16120.89	156.69	4030.223	3.055	0	60	2.44	3.68	29	ok
1D+0.75L+0.525Ey Max	638504.7	35792.67	21941.32	8948.168	3.055	0	60	5.42	8.30	29	ok
1D+1L	506141.9	28711.94	21994.67	7177.985	3.055	0	60	4.35	6.62	29	ok
1D+0.75L+0.525Ex Max	776742.3	32946.74	59368.55	14842.14	3.055	0	60	9.00	14.03	29	ok
1D+0.75L	1240943	54114.15	88806.4	22201.6	3.055	0	60	13.46	21.48	29	ok
1D+0.7Ey Max	909105	40027.48	59315.2	14828.8	3.055	0	60	8.99	14.01	29	ok
1D+0.7Ex Max	344299.9	18435.46	127.3	4608.865	3.055	0	60	2.79	4.21	29	ok
Dead	574998.3	32003.59	16428.72	8000.898	3.055	0	60	4.85	7.39	29	ok
0.6D+0.7Ey Max	777948.6	35179.69	44459.14	11114.79	3.055	0	60	6.74	10.38	29	ok
0.6D+0.7Ex Max	348764.3	18680	125.27	4670	3.055	0	60	2.83	4.27	29	ok

Tabel 4. 50 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 4

Kombinasi	Px	Hx	Hy	H	Cu	e	D	F	Mmax	Mijin	Mizin > Mmax
	kg	kg	kg	kg	kg/cm2	cm	cm	cm	tm	tm	tm
Envelope Max	310592.3	2210.25	842.18	552.5625	3.055	0	60	0.33	0.50	29	ok
1D+0.75L+0.525Ey Max	332365.7	601.35	2405.45	601.3625	3.055	0	60	0.36	0.54	29	ok
1D+1L	496208.7	-154.19	108.54	27.135	3.055	0	60	0.02	0.02	29	ok
1D+0.75L+0.525Ex Max	509075.8	2148.58	885.6	537.145	3.055	0	60	0.33	0.48	29	ok
1D+0.75L	527629.6	-166.95	115.59	28.8975	3.055	0	60	0.02	0.03	29	ok
1D+0.7Ey Max	530849.2	539.68	2448.87	612.2175	3.055	0	60	0.37	0.55	29	ok
1D+0.7Ex Max	537279.9	1560.13	698.39	390.0325	3.055	0	60	0.24	0.35	29	ok
Dead	538103.2	-171.2	117.94	29.485	3.055	0	60	0.02	0.03	29	ok
0.6D+0.7Ey Max	553610	353.46	1870.84	467.71	3.055	0	60	0.28	0.42	29	ok
0.6D+0.7Ex Max	694692.2	3150.9	3778.76	944.69	3.055	0	60	0.57	0.85	29	ok

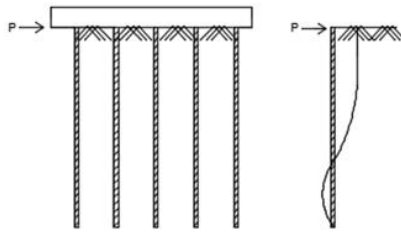
Tabel 4. 51 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 5

Kombinasi	Px	Hx	Hy	H	Cu	e	D	F	Mmax	Mijin	Mizin > Mmax
	kg	kg	kg	kg	kg/cm2	cm	cm	cm	tm	tm	tm
Envelope Max	469928.8	1893.14	1766.35	473.285	3.055	0	60	0.29	0.43	29	ok
1D+0.75L+0.525Ey Max	307444.8	2466.15	1648.61	616.5375	3.055	0	60	0.37	0.56	29	ok
1D+1L	305581.2	142.81	4325.86	1081.465	3.055	0	60	0.66	0.98	29	ok
1D+0.75L+0.525Ex Max	612625.2	3461.68	6300.39	1575.098	3.055	0	60	0.95	1.43	29	ok
1D+0.75L	468065.2	430.2	4443.59	1110.898	3.055	0	60	0.67	1.00	29	ok
1D+0.7Ey Max	416512.4	1543.51	309.08	385.8775	3.055	0	60	0.23	0.35	29	ok
1D+0.7Ex Max	464301.5	950.75	1413.09	353.2725	3.055	0	60	0.21	0.32	29	ok
Dead	462903.8	791.77	3421.03	855.2575	3.055	0	60	0.52	0.77	29	ok
0.6D+0.7Ey Max	406210.1	1432.53	294.33	358.1325	3.055	0	60	0.22	0.32	29	ok
0.6D+0.7Ex Max	419946.5	1580.52	314	395.13	3.055	0	60	0.24	0.36	29	ok

Tabel 4. 52 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 6

Kombinasi	Px	Hx	Hy	H	Cu	e	D	F	Mmax	Mijin	Mizin > Mmax
	kg	kg	kg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	cm	cm	cm	tm	tm	tm
Envelope Max	593959.6	6165.03	1818.95	1541.258	3.055	0	60	0.93	1.39	29	ok
1D+0.75L+0.525Ey Max	391961.6	5602.6	1843.81	1400.65	3.055	0	60	0.85	1.27	29	ok
1D+1L	367770.3	2283.63	4826.31	1206.578	3.055	0	60	0.73	1.09	29	ok
1D+0.75L+0.525Ex Max	782614.4	8633.28	6976.06	2158.32	3.055	0	60	1.31	1.96	29	ok
1D+0.75L	569768.3	2846.05	4801.44	1200.36	3.055	0	60	0.73	1.08	29	ok
1D+0.7Ey Max	525453.2	1516.66	41.99	379.165	3.055	0	60	0.23	0.34	29	ok
1D+0.7Ex Max	592176.7	5085.89	1368.84	1271.473	3.055	0	60	0.77	1.15	29	ok
Dead	574033.2	2596.66	3605.72	901.43	3.055	0	60	0.55	0.81	29	ok
0.6D+0.7Ey Max	504994.9	1406.05	62.16	351.5125	3.055	0	60	0.21	0.32	29	ok
0.6D+0.7Ex Max	532272.6	1553.53	35.27	388.3825	3.055	0	60	0.24	0.35	29	ok

- Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral



Gambar 4. 49 Diagram Gaya Lateral Tiang

Gaya lateral yang bekerja pada tiang dapat menyebabkan terjadinya defleksi dan momen. Oleh karena itu harus dilakukan kontrol terhadap defleksi yang terjadi pada tiang.

Kontrol defleksi tiang :

$$\delta = Fd \left( \frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2.5 \text{ cm}$$

$\delta$  = defleksi yang terjadi

$Fd$  = koefisien defleksi

$P$  = Gaya lateral 1 tiang

$T$  = *Relative stiffness Factor*



Pondasi Tiang Pancang Tipe 1

Jumlah tiang = 4

Hmax = 0,802 t

Hmax 1 tiang = 0,2 t

$Cu = 0,0033 \text{ kg/cm}^2$

$$Qu = 2 \times Cu = 2 \times \frac{0,0033}{0,977} = 0,00686 \frac{t}{ft^3}$$

Dari grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing* maka didapatkan  $f = 38 \text{ t/ft}^3 = 1,216 \text{ kg/cm}^3$

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$E = 4700\sqrt{fc} = 4700\sqrt{50} = 33234,019 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{64} \times \frac{22}{7} \times (60 - 40)^4 = 7857,143 \text{ cm}^4$$

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}} = \left(\frac{33234,019 \times 7857,143}{1,216}\right)^{\frac{1}{5}} = 46,39 \text{ cm}$$

$Fd$ (deflection coefficient)

$L = 35 \text{ m} = 3500 \text{ cm}$  (kedalaman tiang pancang)

$T = 46,39 \text{ cm}$

$L/T = 75,45$

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* maka didapatkan  $Fd = 0,95$

$$\delta = Fd \left(\frac{PT^3}{EI}\right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,95 \left(\frac{0,8029 \times 46,39^3}{33234,019 \times 7857,143}\right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,00029 \text{ cm} \leq 2,5 \text{ cm} \text{ (OK)}$$

Kontrol Momen :

$M_{\text{crack}} = 29 \text{ tm}$

$L/T = 75,45$

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* maka didapatkan  $F_m = 0.9$

$$M = F_m(PT) \leq M_{banding\ crack}$$

$$M = 0,9 \times (0,8029 \times 0,46) \leq 29\ tm$$

$$M = 0,3352\ tm \leq 29\ tm\ (OK)$$

#### 4.6.6. Perencanaan Poer

##### 4.6.6.1. Data Perencanaan Poer

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer :

Pu	= 236,5263 ton
P <sub>max</sub> ( 1 tiang )	= 182,49 ton
Jumlah tiang pancang	= 4 buah
Dimensi poer	= 3,6 x 3,6 x 1,2 m
Mutu beton (fc')	= 40 MPa
Mutu baja (fy)	= 420 MPa
Diameter tulangan	= 36 mm
Selimut beton	= 40 mm
λ	= 1 (beton normal)

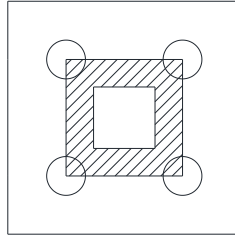
Tinggi efektif (d):

$$d_x = 1200 - 40 - \frac{1}{2} 36 = 1178\ mm$$

$$d_y = 1200 - 40 - 36 - \frac{1}{2}(36) = 1142\ mm$$

#### 4.6.6.2. Kontrol Geser Ponds

- Akibat Kolom



Gambar 4. 50 Area Kritis Geser Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1.

Untuk pondasi tapak non-prategang ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

dimana :

$\alpha_s = 20$  untuk kolom sudut,  $\alpha_s = 30$  untuk kolom tepi,  $\alpha_s = 40$  untuk kolom interior

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek =  $650/650 = 1$

$b_o$  = Keliling penampang kritis :

$b_o = 2 (b_{\text{kolom}} + d) + 2 (h_{\text{kolom}} + d)$

$b_o = 1395,73 \text{ mm}$

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) 1\sqrt{40} \times 1395,73 \times 1178 = 27783160 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{40 \times 1178}{1395,73} + 2 \right) 1\sqrt{40} \times 1395,73 \times 1178$$

$$V_{c2} = 38181074 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \times 1 \times \sqrt{40} \times 13957 \times 1178 = 18140769 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah

$$\phi V_c \geq P_u$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 18140769 \text{ N} = 13605580 \text{ N} = 1360,5 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 1360,5 \geq 236,52 \text{ ton (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

- Akibat Tiang Pancang

$$\beta = \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek} = 950/950 = 1$$

$$b_o = (0,25 \times \pi \times (600 + 1172,5)) = 1391,413 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) 1\sqrt{40} \times 1395,73 \times 1178 = 5303308 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{40 \times 1178}{1395,73} + 2 \right) 1\sqrt{40} \times 1395,73 \times 1178$$

$$V_{c2} = 30864102 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,333\lambda\sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \times 1 \times \sqrt{40} \times 1395,7 \times 1178 = 3462748 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah

$$\phi V_c \geq P_{pile}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 3462748 \text{ N} = 2597061 \text{ N} = 259,7061 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 259,7061 \geq 182,49 \text{ (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

#### 4.6.6.3. Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

$$d_x = 1200 - 40 - \frac{1}{2} 36 = 1178 \text{ mm}$$

$$d_y = 1200 - 40 - 36 - \frac{1}{2}(36) = 1142 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'c - 28)}{7} = 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.764 \times 400}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0.0363$$

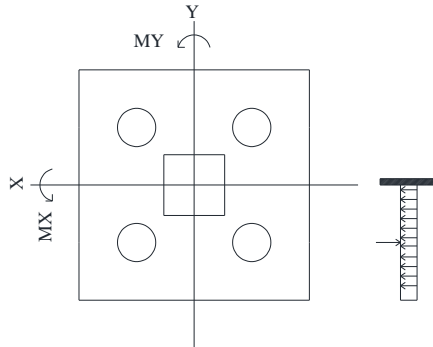
$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0363 = 0.0273$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0034 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0.25x\sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25x\sqrt{40}}{420} = 0.0038$$

$\rho_{min}$  dipakai 0.0038

$$m = \frac{f_y}{0.85f'_c} = \frac{420}{0.85x40} = 12.352$$

- Penulangan poer arah sumbu X



Gambar 4. 51 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu X)

$$P_{max} = 236,5263 \text{ ton}$$

$$q = 3,6 \times 1,2 \times 2,4 = 10.368 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 10.368 \text{ ton/m} \times 1,4 = 14,5152 \text{ ton/m}$$

Momen yang bekerja :

$$Mu = 1273700000 \text{ N.mm (dari ETABS)}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{1273700000}{0,9 \cdot 1000 \cdot 1178^2} = 1,019$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) = \frac{1}{12.352} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.352 \times 1,019}{420}} \right)$$

$$\rho = 0.002466$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.003$$

$$AS_{perlu} = \rho b d = 0,003 \times 1000 \times 1178 = 3926,667 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25\pi x \emptyset^2 x 1000}{As_{perlu}} = \frac{0,25\pi x 32^2 x 1000}{3926,667} = 259,09 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D36-200 mm.

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d_x$$

$$A_s = \frac{1}{2} \times 0,003 \times 1000 \times 1178 = 1963,33 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D36 ( $A_s = 1017,36 \text{ mm}^2$ )

$$S = \frac{0,25\pi x \emptyset^2 x 1000}{As_{perlu}} = \frac{0,25\pi x 25^2 x 1000}{1963,33} = 518,18 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D32-300 mm.

- Penulangan poer arah sumbu Y

$$P_{\max} = 236,52 \text{ ton}$$

$$q = 3,6 \times 1,2 \times 2,4 = 10,368 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 10,368 \text{ ton/m} \times 1,4 = 14,5152 \text{ ton/m}$$

Momen yang bekerja :

$$M_u = 1340810000 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{1340810000}{0,9 \cdot 1000 \cdot 1148^2} = 1,14$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{12,352} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,352 \times 1,14}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,002767$$

$$\rho_{pakai} = 0,002$$

$$A_{Sperlu} = \rho b d = 0,002 \times 1000 \times 1148 = 3160,065 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25\pi x \emptyset^2 x 1000}{As_{perlu}} = \frac{0,25\pi x 25^2 x 1000}{3160,06} = 321,9 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D36-200 mm.

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d_x$$

$$A_s = \frac{1}{2} \times 0,003 \times 1000 \times 1148 = 1580,033 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D36 ( $A_s = 1017,36 \text{ mm}^2$ )

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{A_{s\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{1580,033} = 643,8 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D36-300 mm.

Tabel 4. 53 Rekapitulasi Penulangan Poer

Poer		Tulangan	
		X	Y
Poer 1	Atas	D36-50	D36-50
3,6 x 3,6 x 1,2	Bawah	D36-100	D36-100
Poer 2	Atas	D36-200	D36-300
3,6 x 3,6 x 1,2	Bawah	D36-300	D36-300
Poer 3	Atas	D36-100	D36-50
3,5 x 7,2 x 1,2	Bawah	D36-200	D36-100
Poer 4	Atas	D36-50	D36-50
3,6 x 5,4 x 1,2	Bawah	D36-100	D36-100
Poer 5	Atas	D36-100	D36-300
3,6 x 5,4 x 1,2	Bawah	D36-300	D36-300
Poer 6	Atas	D36-200	D36-300
3,6 x 5,4 x 1,2	Bawah	D36-300	D36-300

#### 4.6.7. Perencanaan Sloof

##### 4.6.7.1. Data Perencanaan Sloof

Struktur balok sloof berfungsi agar penurunan yang terjadi pada pondasi (pilecap) bergerak bersama-sama, dengan kata lain balok sloof merupakan pengaku yang menghubungkan antar pondasi (pilecap). Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof



meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Data perencanaannya sebagai berikut :

Dimensi sloof =  $400 \times 600$  mm

Mutu beton ( $f_c$ ) = 40 MPa

Mutu baja ( $f_y$ ) = 420 Mpa

Tulangan utama = D20

Tulangan sengkang = Ø10

Selimut beton = 40 mm

Bentang = 6 m

Gaya aksial kolom = 356,84 kN

$P_U \text{ sloof} = 10\% \times 356,84 = 35,684 \text{ kN} = 35684 \text{ N}$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3.2 Balok sloof yang didesain sebagai pengikat horizontal antara *poer* harus diporoposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450

$$\frac{l}{20} = \frac{6000}{20} = 300 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi sloof terkecil adalah 300 mm, maka dimensi tersebut telah memenuhi kriteria pendesainan.

#### 4.6.7.2. Penulangan Sloof

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom.

Konstruksi sloof merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien momen tersebut ditentukan pada SNI 2847-2013 Pasal 8.3.3, sebagaimana diperlihatkan dengan analisis berikut ini:

$$q_d = 0,4 \times 0,6 \times 2400 = 576 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1,2 \times 576 = 691,2 \text{ kg/m}$$

$$M_{u \text{ tumpuan}} = \frac{1}{12} \times q_u \times l^2$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{12} \times 691,2 \times 6^2 \\
 &= 2073,6 \text{ kgm} = 20,736 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$Pu_{\text{Sloof}} = 356,84 \text{ kN}$$

Dari analisis spColumn didapat :

$$\rho = 1,05$$

Dipasang tulangan = 8 D20

- Cek lebar sloof

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

2 x selimut beton (c = 40 mm)	= 2 x 40 = 100 mm
2 x sengkang ( $\emptyset = 10$ mm)	= 2 x 10 = 20 mm
3 x D20	= 3 x 20 = 60 mm
2 kali jarak antara 25 mm	= <u>2 x 25 = 50 mm</u>
Total	= 210 mm

Total lebar < Lebar balok 400 mm ternyata cukup untuk pemasangan tulangan dalam 1 baris.

- Penulangan geser sloof

Berdasarkan SNI 2847-2012 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut:

$$Ag = 400 \times 600 = 240000 \text{ mm}^2$$

$$d = 600 - 40 - 10 - 20/2 = 540 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{Pu}{14 Ag} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times bw \times d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{35684}{14.270000} \right) 1\sqrt{40} \times 400 \times 540$$

$$V_c = 234704,1 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 234704,1 = 17602,81 \text{ N} = 17602,81 \text{ kg}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 691,2 = 2073,6 \text{ kg}$$

$$\phi V_c > V_u$$

17602,81 kg > 2073,6 kg (tidak perlu tulangan geser)

Berdasarkan SNI 2847-2012 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari berikut ini:

- $\frac{d}{2} = \frac{540}{2} = 270 \text{ mm}$
- $s = 300 \text{ mm}$

Dipasang sengkang 2Ø10 – 300 mm.

## 4.7. Metode Pelaksanaan

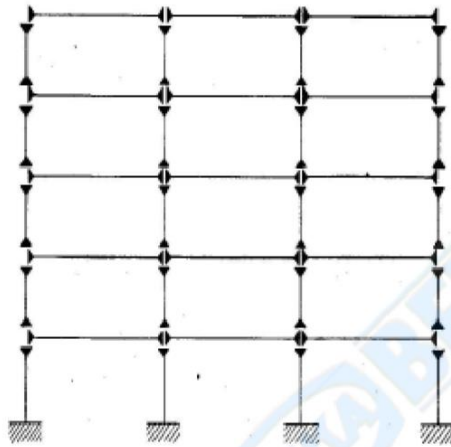
Pekerjaan konstruksi beton pracetak merupakan bagian dari metode konstruksi modern saat ini. Inovasi metode pelaksanaan pekerjaan yang efektif dan efisien tanpa mengurangi kemampuan struktur merupakan salah satu permintaan yang besar. Metode pelaksanaan merupakan komponen penting yang tidak bisa dipisahkan dalam desain struktur pracetak. Sebelum direncanakan, harus terlebih dahulu diketahui apakah struktur yang nantinya dibangun bisa direalisasikan. Metode pelaksanaan ini merupakan uraian mengenai komponen dan material-material pendukung yang digunakan dalam pelaksanaan metode beton pracetak.

### 4.7.1. Sistem Struktur

Berbeda dengan bangunan gedung yang proses konstruksinya menggunakan proses konvensional, bangunan yang menggunakan teknologi beton pracetak memerlukan perencanaan lebih detail, dimulai dari proses perancangan arsitektur, perancangan struktur, proses transportasi, hingga proses pelaksanaan dilapangan. System struktur yang dipakai pada kebanyakan bangunan lebih ditentukan oleh proses produksi di pabrik, proses transportasi, dan proses pelaksanaan dilapangan

#### 4.6.1.1. Struktur Rangka dengan Sambungan Antar Kolom di Setiap Lantai

Dalam tugas akhir ini, system struktur yang digunakan ialah sambungan antar kolom diletakkan di setiap lantai. Tujuannya ialah mempermudah pada tahap erection sehingga tidak membutuhkan alat beraat dengan kapasitas besar. System struktur ini sesuai untuk bangunan gedung dengan ketinggian antara 10 meter – 60 meter.



Gambar 4. 52 Sistem struktur rangka kolom sambungan setiap satu lantai

#### 4.7.2. Metode Erection

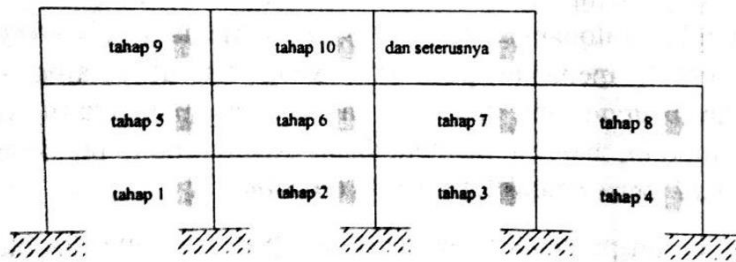
Proses penyatuan komponen beton pracetak menjadi satu kesatuan bangunan yang utuh dipengaruhi oleh beberapa factor, antara lain :

- Sistem Struktur bangunan
- Jenis salad sambung yang digunakan
- Kapasitas alat angkat crane yang tersedia
- Kondisi lapangan

Metode yang dapat digunakan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu metode vertical dan metode horizontal. Namun, dalam tugas akhir ini penulis akan menggunakan metode horizontal.

#### 4.7.2.1 Metode Horizontal

Penyatuan komponen beton pracetak dengan metode horizontal adalah proses erection yang pelaksanaannya tiap satu lantai (arah horizontal bangunan). Metode ini digunakan untuk struktur bangunan yang terdiri dari komponen kolom precast dengan sambungan pada tempat-tempat tertentu. Sambungan pada metode ini tidak harus segera dapat berfungsi sehingga tersedia waktu yang cukup untuk penerasan beton. Sambungan yang cocok untuk metode ini adalah cor ditempat.



Gambar 4. 53 Metode erection arah horizontal

#### 4.7.3. Pengangkatan dan Peralatan Erection

##### 4.7.3.1. Pengangkatan Elemen Pracetak

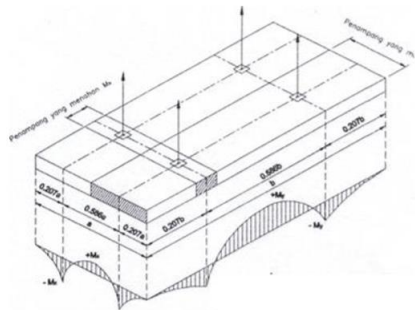
Dalam perencanaan bangunan yang menggunakan metode pracetak dibutuhkan metode pengangkatan saat erection. Hal ini sangat penting dijadikan perhatian karena proses rection sangat berpengaruh dalam perencanaan menggunakan metode pracetak.

##### ➤ Pengangkatan Pelat Pracetak

Pemasangan pelat / dinding pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat / dinding dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan

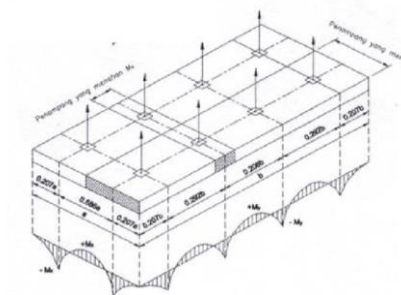
oleh fleksibilitas dari truk pengangkut dalam perjalanan menuju lokasi proyek. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak. Pada saat pengangkatan elemen pracetak, dapat menggunakan bantuan balok angkat yang berfungsi untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini :

- Dua Titik Angkat



Gambar 4. 54 Dua Titik Angkat pada Pelat Pracetak

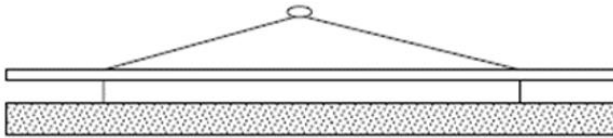
- Empat Titik Angkat



Gambar 4. 55 Empat Titik Angkat pada Pelat Pracetak

➤ Pengangkatan Balok Pracetak

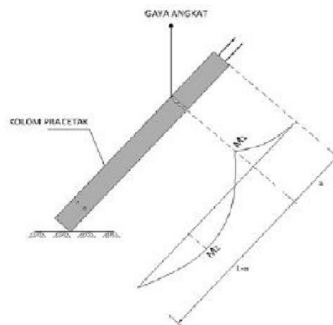
Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan (lifting anchor) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



Gambar 4. 56 Pengangkatan pada Elemen Balok

➤ Pengangkatan Kolom Pracetak

Kondisi yang perlu diperhatikan saat proses pengangkatan kolom pracetak adalah saat kolom pracetak dalam posisi miring, karena hal ini dapat menyebabkan momen pada bentang kolom.



Gambar 4. 57 Pengangkatan pada Elemen Kolom

#### 4.7.3.2. Perelatan Erection

Elemen struktur pracetak pada masing masing komponen diperitungkan yang paling berat, adalah sebagai berikut :

1. Balok Induk 30/40 ( $L = 6 \text{ m}$ )  
 $W = 0,3 \times (0,4-0,15) \times 6 \times 2,4 = 1,08 \text{ ton}$
2. Pelat  
 Ukuran Pelat  $2 \times 2,625$  ( $t=10 \text{ cm}$ )  
 $W = 2 \times 2,625 \times 0,1 \times 2,4 = 1,26 \text{ t}$
3. Kolom  
 Kolom terbesar yaitu kolom 65/65 cm (tinggi 4 m)  
 $W = 0,65 \times 0,65 \times 2,4 \times 4 = 4,056 \text{ t}$

Maka dari itu dibutuhkan kapasitas crane yang mampu mengangkat beban maksimum dari keseluruhan elemen beton pracetak yaitu kolom pracetak sebesar 4,056 ton. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penganangkatan elemen pracetak antara lain:

- a) Kemampuan maksimum crane yang digunakan.
- b) Metode Pengangkatan
- c) Letak titik-titik angkat pada elemen Pracetak

Hal – hal tentang pengangkatan dan penentuan titik angkat telah dibahas pada bab – bab sebelumnya. Dalam perencanaan ini memakai peralatan 2 buah tower crane untuk mengangkat elemen pracetak di lapangan. Untuk pemilihan tower crane harus disesuaikan antara kemampuan angkat crane dengan berat elemen pracetak.

- Jenis Tower Crane Tipe QTZ250(7032)
- Jarak jaungkau maksimum yang direncanakan 30 m dengan beban maksimum 9,6 ton
- Towe crane yang digunakan 2 buah



#### **4.7.4. Transportasi Elemen Beton Pracetak**

System transportasi disini meliputi :

1. Pemindahan beton pracetak di area pabrik.
2. Pemindahan dari pabrik ke tempat penampungan di proyek.
3. Pemindahan dari penampungan sementara di proyek ke posisi akhir.

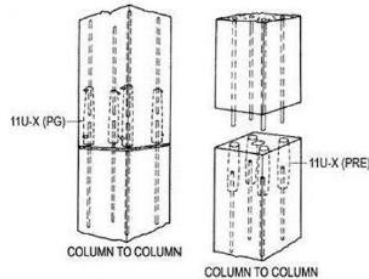
Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi ke areal proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem, atau temple. Truk yang biasa digunakan untuk pengangkutan berukuran lebar 2,4 m x 16 m atau 2,4 m x 18 m dengan kapasitas angkut kurang lebih 50 ton.

#### **4.7.5. Metode Pekerjaan**

##### **4.7.5.1. Pemasangan Elemen Kolom Pracetak**

Setelah dilakukan pemancangan dan pembuatan pile cap maka tulangan kolom dipasang bersamaan dengan pengecoran pile cap. Pada penyambungan antar kolom dengan dimensi berbeda pada dasarnya sama seperti pada proses penyambungan antar kolom dengan dimensi sama, hanya saja pada tulangan panjang penyaluran pada kondisi ini lebih dilakukan penyesuaian terhadap lubang kolom yg berada di atasnya. Untuk metode penyambungannya di sini penulis menggunakan referensi dari produk *coupler sleeve* dari *NMB Splice Sleeve* dan *SS Mortar Grouting injection*. Maka dari itu, sambungan pada kolom-kolom ini tetap diklasifikasikan dalam kategori sambungan basah (wet connection). Berikut adalah ilustrasi mengenai proses

penyambungan antar kolom dengan menggunakan coupler sleeve dan inject grouting yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 58 Sambungan Kolom

#### 4.7.5.2. Pemasanga Elemen Balok Induk

Sambungan balok dengan kolom memanfaatkan panjang penyaluran pada tulangan balok. Tulangan balok nantinya akan diteruskan atau dikaitkan ke dalam kolom. Panjang penyaluran bagian bawah akan menerima tekan dan panjang penyaluran bagian atas akan menerima Tarik. Maka perhitungan panjang penyaluran dihitung dalam dua kondisi yaitu tekan dan tarik. Pada sambungan balok-kolom terdapat 2 kondisi yaitu sambungan *single sided connection* dan *double sided connection*. Dalam perencanaan sambungan ini akan digunakan produk sambungan dari *Peikko group* yaitu dengan menggunakan *Modix Rebar Couplers*.

Gambar 4. 59 Pemasangan Sambungan Balok Induk-Kolom  
(Lampiran)

#### 4.7.5.3. Pemasangan Elemen Balok Anak

Balok anak diletakkan menumpu pada tepi balok induk dengan ketentuan panjang landasan adalah sedikitnya 1/180 kali bentang bersih komponen plat pracetak, tapi tidak boleh kurang dari 75 mm. Untuk membuat integritas struktur, maka tulangan utama balok anak baik yang tulangan atas maupun bawah dibuat

menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan SK SNI 03-2847-2013.

Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Balok anak diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom.

Gambar 4. 60 Sambungan Balok Induk dengan balok anak  
(Lampiran)

#### **4.7.5.4. Pemasangan Elemen Pelat**

Pemasangan pelat pracetak di atas balok induk dan balok anak sesuai dengan dimensi pelat yang sudah ditentukan. Pemasangan tulangan bagian atas, baik tulangan tumpuan maupun tulangan lapangan untuk pelat, balok anak dan balok induk. Setelah semua tulangan terpasang, kemudian dilakukan pengecoran pada bagian atas balok anak dan balok induk yang berfungsi sebagai topping atau penutup bagian atas. Selain itu topping juga berfungsi untuk merekatkan komponen pelat, balok anak, dan balok induk agar menjadi satu kesatuan (komposit). Hal ini diperkuat dengan adanya tulangan panjang penyaluran pada masing – masing komponen pelat, balok anak, dan balok induk.

Gambar 4. 61 Sambungan balok induk dengan pelat (Lampiran)

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan “*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan struktur yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, maka disimpulkan beberapa data sebagai berikut :

1. Berdasarkan peraturan SNI 2847 : 2013, didapatkan hasil perhitungan dimensi struktur sekunder dan struktur primer dari beberapa elemen struktur berikut :

Struktur Sekunder				
Elemen	Tipe	Kondisi	Dimensi	Satuan
Pelat	Lantai dan Atap	Pracetak	10	cm
		Komposit	15	cm
Balok Anak	B1A	Pracetak	25/20	cm
		Komposit	25/35	cm
	B2A	Pracetak	25/20	cm
		Komposit	25/35	cm
Tangga	Pelat Tangga	Cast in Situ	14	cm
	Pelat Bordes		14	cm

Struktur Sekunder				
Elemen	Tipe	Kondisi	Dimensi	Satuan
Balok Induk	B1	Pracetak	30/25	cm
		Komposit	30/40	cm
	B2	Pracetak	30/25	cm
		Komposit	30/40	cm
	B3	Pracetak	30/25	cm
		Komposit	30/40	cm
	B4	Pracetak	30/25	cm
		Komposit	30/40	cm
Kolom	Lt 1-4	Pracetak	65/65	cm
	Lt 5-8	Pracetak	55/55	cm
	Lt 9-12	Pracetak	45/45	cm
	Lt 13-16	Pracetak	35/35	cm
ShearWall	Tipikal	Cast In Situ	30	cm

- Analisa struktur gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun Surabaya menggunakan program bantu ETABS 2016. Perhitungan respon spectrum dibantu oleh website *puskim.pu.go.id*, dengan wilayah gempa Surabaya dan perhitungannya berdasarkan SNI 1726 : 2012.
- Perhitungan pembebanan struktur berdasarkan SNI 1727 : 2013. Gaya yang dimasukkan dalam permodelan adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa berdasarkan peraturan di atas.
- System sambungan pada elemen kolom pracetak menggunakan produk sambungan *coupler sleeve* dari NMB *Splice Sleeve* yaitu dengan menggunakan konsep *coupler* yang ditanam pada kolom lalu dilakukan *inject grouting* dengan produk dari *SS Mortar*. Sambungan bersifat basah dan monolit dan dalam analisanya panjang penyaluran tidak

dibutuhkan karena dengan sambungan ini antar tulangan kolom sudah dianggap menerus dan komposit. Sedangkan untuk elemen balok induk ke kolom atau balok anak ke balok induk sambungan menggunakan produk dari *Peikko Group*, yaitu menggunakan *Modix Rebar Coupler*, setelah di sambungan maka akan di grouting dengan produk SS Mortar.

5. Semua elemen direncanakan pracetak kecuali tangga dan dinding geser.

Hasil analisa struktur yang telah dilakukan pada Gedung Rumah Susun Tambak Osowilangun Surabaya akan dituangkan pada gambar teknik dengan program bantu AutoCad pada lampiran.

## 5.2. Saran

Berdasarkan analisa penulis saat proses penyusunan Tugas Akhir ini, beberapa saran yang dapat disampaikan oleh penulis diantaranya adalah :

1. Dalam perencanaan menggunakan metode beton pracetak, gambaran mengenai konsep design sambungan yang akan diterapkan pada elemen pracetak sangatlah penting. Karena dengan adanya gambaran mengenai konsep desain sambungan ini, kita akan mengetahui apakah sambungan yang direncanakan dapat diterapkan atau tidak.
2. Pada saat erection dan instalasi sambungan elemen pracetak, dibutuhkan pengawasan yang baik. Saat proses erection, ketinggian pada saat pengangkatan, maupun sudut angkat harus diperhatikan, jika tidak, dikhawatirkan akan terjadi kegagalan struktur akibat gaya tak terduga pada saat proses pengangkatan.
3. Dalam pengembangan ke depannya elemen dinding geser bias dibuat pracetak jika memenuhi ketentuan dalam peraturan yang ada.

4. Diperlukan penelitian lebih lanjut terkait konsep sambungan yang digunakan oleh penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini, karena analisa yang digunakan hanya melalui ketentuan yang terdapat pada brosur produk sambungan. Perlu dikaji lebih lanjut mengenai beberapa aspek ketentuan yang diperhitungkan untuk sambungan tersebut.



## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 2847:2013 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 03-1727-2012 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG). Jakarta, Indonesia
- Ervianto, D. (2012) ‘STUDI PERBANDINGAN PELAT KONVENTIONAL, RIBSLAB DAN FLATSLAB BERDASARKAN BIAYA KONSTRUKSI’, *JURNAL TEKNIK POMITS*, 1(1), pp. 1–5.
- Ervianto, W. I. (2006) *Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi Beton Pracetak & Bekisting*. 1st edn. Edited by F. S. Suyantoro. Yogyakarta: C. V. ANDI OFFSET
- PCI. PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete 5th Edition. Chicago : PCI Industry Handbook Committee.
- Peikko Group. 2015. HPKM Column Shoe Technical Manual. Lahti, Finland
- Wahyudi, Herman. 1999. Daya Dukung Pondasi Dalam,

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik  
Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

## **Lampiran**

## TABEL REKAPITULASI

### 1. Rekapitulasi Penulangan Pelat

Pelat	Penulangan									Tegangan saat		Lendutan	
	Sesudah Komposit		Sesudah		Penggangkatan		Tulangan Pakai		Tulangan Angkat	$\sigma$ pelat (Mpa)	$\sigma$ Ijin (Mpa)	Lendutan Longterm	Lendutan Izin (mm)
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y					
Pelat Type 1	D10 -300	D10 -300	D10 -400	D10 -400	D10 -400	D10 -400	D10 -300	D10 -300	D10	0.212342	2.309882	0.121478	5.46875
Pelat Type 2	D10 -300	D10 -300	D10 -300	D10 -400	D10 -400	D10 -400	D10 -300	D10 -300	D10	0.241597	2.309882	0.12787	5.833333
Pelat Type 3	D10 -300	D10 -300	D10 -300	D10 -400	D10 -400	D10 -400	D10 -300	D10 -300	D10	0.241597	2.309882	0.420869	5.833333
Pelat Type 4	D10 -300	D10 -300	D10 -300	D10 -400	D10 -400	D10 -400	D10 -300	D10 -300	D10	0.169974	2.309882	0.192571	3.645833
Pelat Type 5	D10 -300	D10 -300	D10 -400	D10 -400	D10 -400	D10 -400	D10 -300	D10 -300	D10	0.212342	2.309882	0.40999	5.46875
Pelat Type 6	D10 -300	D10 -300	D10 -300	D10 -400	D10 -400	D10 -400	D10 -300	D10 -300	D10	0.169974	2.309882	0.213301	3.645833

### 2. Rekapitulasi Penulangan Balok Anak

Kode	B1A		B2A	
Kondisi	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan
Penampa ng Balok	250mm x 350mm		250 mm x 350 mm	
Bentang	6 m		5.25 m	
Decking	40 mm		40 mm	
Atas	2 D22	2 D22	2D22	2 D22
Bawah	2 D22	3 D22	2 D22	3 D22
Senggang	2D10 - 30	2D10 - 65	2D10 - 30	2D10 - 60

### 3. Rekapitulasi Penulangan Balok Induk

Kode	B1		B2	
Kondisi	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan
Penampa ng Balok	300 mm x 4000 mm		300 mm x 4000 mm	
Bentang	6 m		5.25 m	
Decking	40		40	
Atas	4 D25	2 D 25	4 D25	2 D25
Tengah	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Bawah	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25
Senggang	2 D10 - 45 mm	2 D10 - 90 mm	2 D10-45 mm	2 D10 - 90 mm

Kode	B3		B4	
Kondisi	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan
Penampang Balok	300 mm x 4000 mm		300 mm x 4000 mm	
Bentang	2.8 m		2.975 m	
Decking	40		40	
Atas	3 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Tengah	-	-	-	-
Bawah	3 D25	3 D25	2 D25	2 D25
Sengkang	2 D10 - 45 mm	2 D10 - 90 mm	2 D10 - 45 mm	2 D10 - 90 mm

#### 4. Rekapitulasi Penulangan Kolom

Tipe	K1		K2	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Penampang Kolom	650 mm x 650 mm		550 mm x 550 mm	
Tulangan	12 D25		12 D22	
Sengkang	4 D16 - 100	4 D16 - 150	4 D16 - 100	4 D16 - 150

Tipe	K3		K4	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Penampang Kolom	450 mm x 450 mm		350 mm x 350 mm	
Tulangan	12 D19		12 D19	
Sengkang	4 D16 - 100	4 D16 - 150	4 D16 - 100	4 D16 - 150

#### 5. Rekapitulasi Konsol

Sambungan	Vu (kN)	Nu (kN)	Ukuran		D Longitudi	D Transvers	Primer		Horizontal	
			b (mm)	h (mm)			Asc (mm <sup>2</sup> )	n	Ah (mm <sup>2</sup> )	n
Kolom-Balok(30/40)	141.6	28.32	300	300	13 mm	8 mm	288.9796	3	140.4101	3
Balok Induk (30/40)-Balok Anak (25/35)	58.92	11.784	250	100	13 mm	10 mm	387.9588	3	175.2746	3








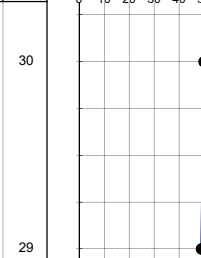

## DRILLING LOG

KLIEN	=	PT. HUTAMA KARYA (PERSERO)	TIPE BOR	=	ROTARY DRILLING	Remarks.
NAMA PROYEK	=	PEMBANGUNAN JALAN TOL SURABAYA - GRESIK	TANGGAL MULAI	=	28 NOPEMBER 2012	UD = Undisturb Sample
TITIK BOR	=	BH-5	TANGGAL SELESAI	=	01 DESEMBER 2012	CS = Core Sample
MUKA AIR TANAH	=	± 0.00 m	MASTER BOR	=	HARNO	SPT = SPT Test
LOKASI PROYEK	=	KM. 8 + 050				

Scale in m	Elevation (LWS) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test				N - Value		
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm					
														15 cm	15 cm	15 cm			
0.00	0.00	START OF BORING													0 10 20 30 40 50				
1.00	-1.00				LEMPUNG BERKERIKIL	COKLAT													
2.00	-2.00																		
3.00	-3.00										-3.00	∇ SPT 1	1	0	0	1		1	
4.00	-4.00										-3.50								
5.00	-5.00																		
6.00	-6.00										-6.00	∇ SPT 2	1	0	0	1		1	
7.00	-7.00										-6.50								
8.00	-8.00				LEMPUNG LANAU	ABU-ABU	VERY SOFT TO SOFT	SPT = 1 s/d 3		-7.50	■ UD 01								
9.00	-9.00									-8.00									
10.00	-10.00																		
11.00	-11.00																		
12.00	-12.00										-12.00	∇ SPT 4	3	0	1	2		3	
13.00	-13.00										-12.50								
14.00	-14.00																		
15.00	-15.00				LEMPUNG LANAU BERKULIT KERANG	ABU-ABU TERANG	MEDIUM	SPT = 4 s/d 8		-15.00	■ UD 02								
16.00	-16.00									-16.00									
17.00	-17.00																		
18.00	-18.00										-18.00	∇ SPT 6	8	2	3	5		8	
19.00	-19.00				LEMPUNG	ABU-ABU KECOKLATAN	MEDIUM	SPT = 8		-18.50									
20.00	-20.00				LEMPUNG BERKERIKIL		MEDIUM	SPT = 8											
21.00	-21.00				LEMPUNG		VERY STIFF	SPT = 20			-21.00	∇ SPT 7	20	4	8	12		20	
22.00	-22.00				LEMPUNG BERLANAU BERPASIR	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 20			-21.50								
23.00	-23.00																		
24.00	-24.00				LANAU BERPASIR HALUS	ABU-ABU KECOKLATAN	VERY STIFF	SPT = 24		-23.50	■ UD 03								
25.00	-25.00									-24.00									
26.00	-26.00				LEMPUNG		VERY STIFF	SPT = 24			-24.00	∇ SPT 8	24	5	9	15		24	
27.00	-27.00										-24.50								
28.00	-28.00				LEMPUNG BERLANAU	COKLAT TERANG	VERY STIFF	SPT = 25			-27.00	∇ SPT 9	25	6	9	16		25	
29.00	-29.00										-27.50								
30.00	-30.00				LEMPUNG BERKERIKIL	ABU-ABU KECOKLATAN	VERY STIFF	SPT = 25											
31.00	-31.00										-30.00	∇ SPT 10	30	8	13	17		30	
32.00	-32.00				LANAU BERPASIR HALUS	ABU-ABU TERANG	VERY STIFF	SPT = 30			-30.50								
33.00	-33.00																		
34.00	-34.00				PASIR HALUS BERLANAU	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 30		-31.50	■ UD 04								
										-32.00									
											-33.00	∇ SPT 11	> 50	15	5/3			50	
											-33.50								

# DRILLING LOG

KLIENT	=	PT. HUTAMA KARYA (PERSERO)	TIPE BOR	=	ROTARY DRILLING	Remarks.
NAMA PROYEK	=	PEMBANGUNAN JALAN TOL SURABAYA - GRESIK	TANGGAL MULAI	=	28 NOPEMBER 2012	UD = Undisturb Sample
TITIK BOR	=	BH-5	TANGGAL SELESAI	=	01 DESEMBER 2012	CS = Core Sample
MUKA AIR TANAH	=	± 0.00 m	MASTER BOR	=	HARNO	SPT = SPT Test
LOKASI PROYEK	=	KM. 8 + 050				

Scale in m	Elevation (LWS) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test								
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm			N - Value				
														15 cm	15 cm	15 cm					
35.00	-35.00			  	LEMPUNG LANAU BERPASIR HALUS	COKLAT KEABU-ABUAN	HARD	SPT = 49 s/d 50	-39.00 -39.50	 UD 05	-36.00	 SPT 12	> 50	13	21	30					
36.00	-36.00	-36.50																			
37.00	-37.00																				
38.00	-38.00																				
39.00	-39.00																				
40.00	-40.00																		-39.50	 SPT 13	49



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

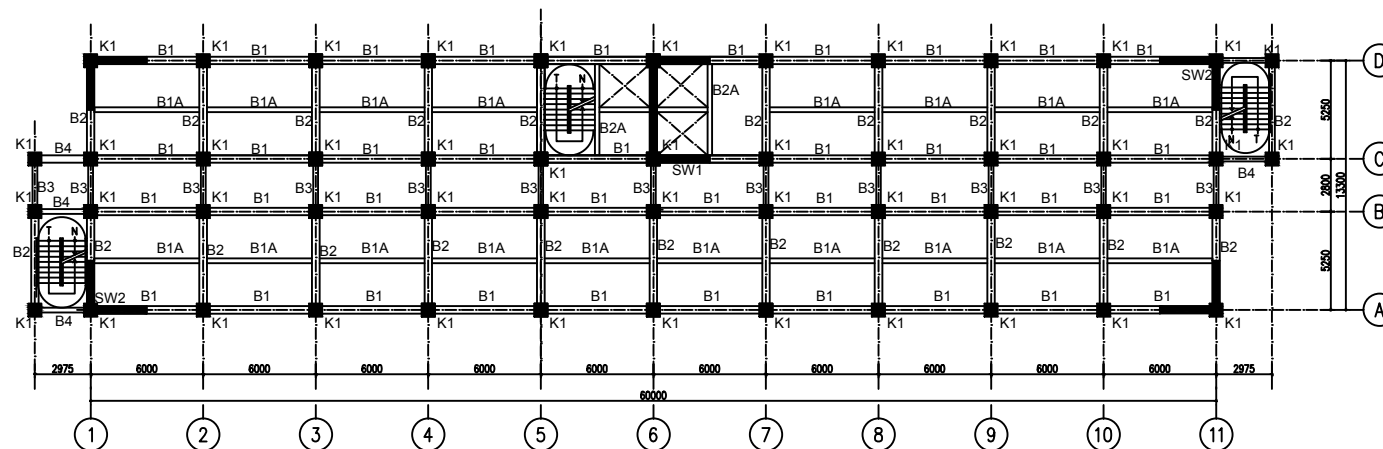
NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

Denah Balok, Kolom dan  
Shearwall

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
1	1 : 400	STR



DIMENSI BALOK	
LANTAI 1-16	
B1	300 X 400
B2	300 X 400
B3	300 X 400
B4	300 X 400
B1A	200 X 300
B2A	200 X 300

UKURAN KOLOM	
K1	Lantai 1 - Lantai 4
	650 X 650

DIMENSI SHEARWALL	
LANTAI 1-16	
SW1	300
SW2	300





DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

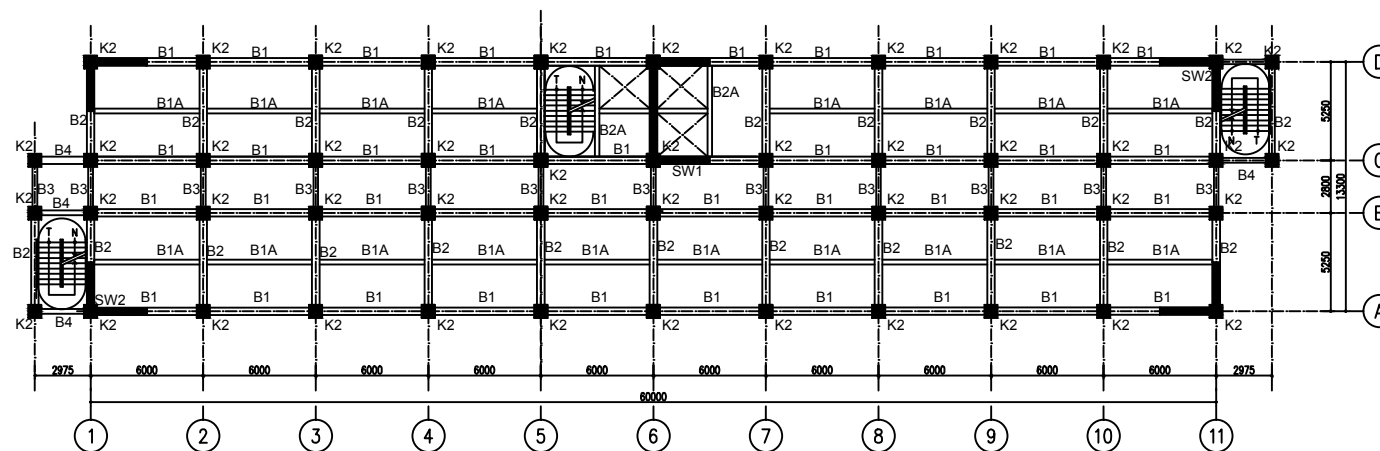
NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

Denah Balok, Kolom dan  
Shearwall

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
2	1 : 400	STR



DIMENSI BALOK	
LANTAI 1-16	
B1	300 X 400
B2	300 X 400
B3	300 X 400
B4	300 X 400
B1A	200 X 300
B2A	200 X 300

UKURAN KOLOM	
K2	Lantai 5 - Lantai 8
	550 X 550

DIMENSI SHEARWALL	
LANTAI 1-16	
SW1	300
SW2	300



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

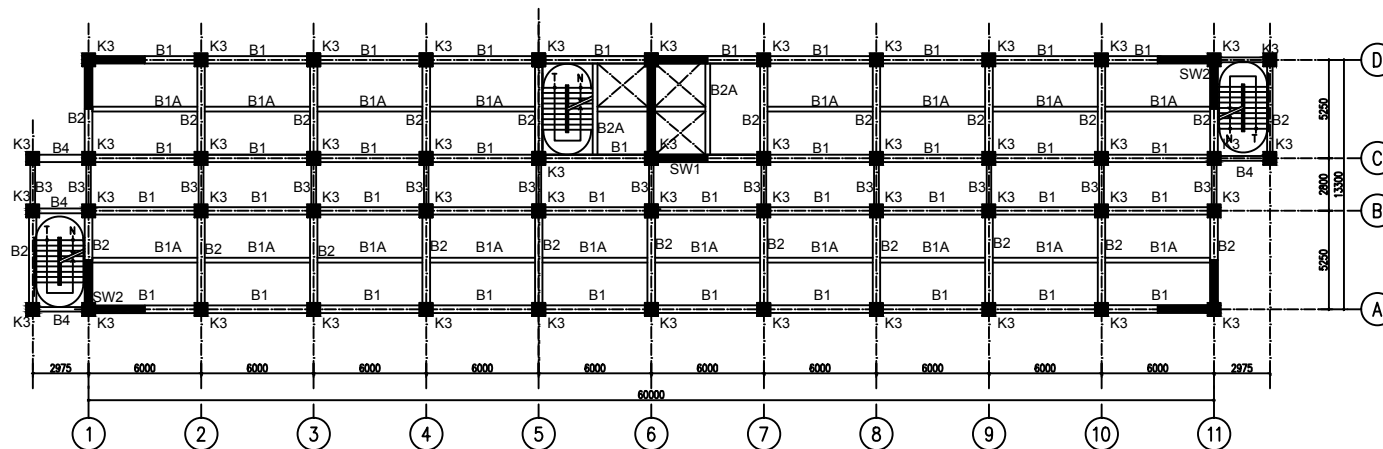
NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

Denah Balok, Kolom dan  
Shearwall

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
3	1 : 400	STR



DENAH LANTAI 9 - 12 (TIP)

SKALA 1 : 100

DIMENSI BALOK	
LANTAI 1-16	
B1	300 X 400
B2	300 X 400
B3	300 X 400
B4	300 X 400
B1A	200 X 300
B2A	200 X 300

UKURAN KOLOM		
K3	Lantai 9 - Lantai 12	450 X 450

DIMENSI SHEARWALL	
LANTAI 1-16	
SW1	300
SW2	300



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

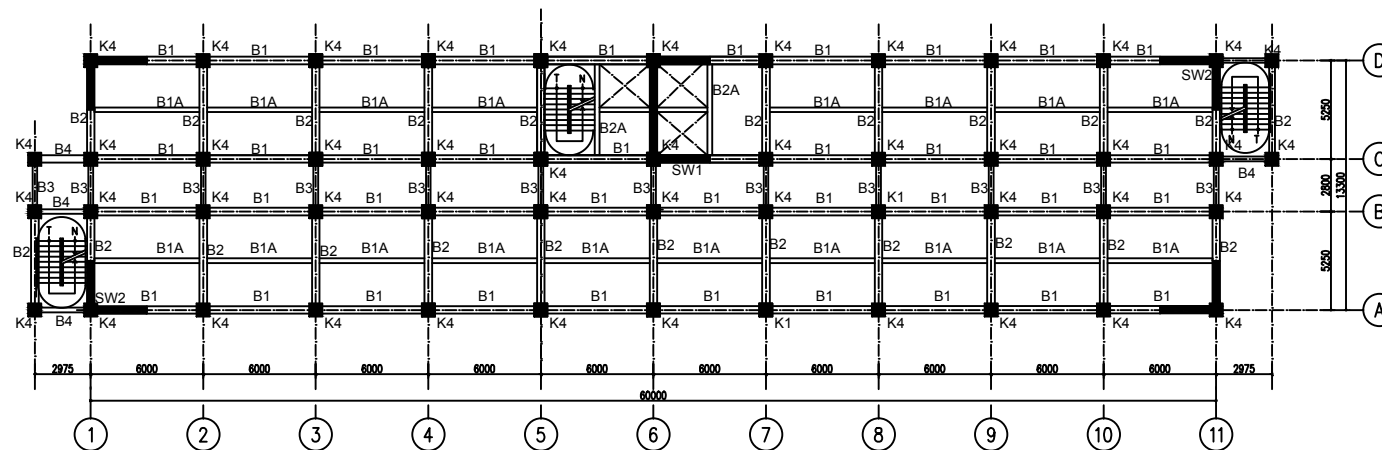
NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

Denah Balok, Kolom dan  
Shearwall

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
4	1 : 400	STR



DENAH LANTAI 13 - 16 (TIP)

SKALA 1 : 100

DIMENSI BALOK	
LANTAI 1-16	
B1	300 X 400
B2	300 X 400
B3	300 X 400
B4	300 X 400
B1A	200 X 300
B2A	200 X 300

UKURAN KOLOM		
K4	Lantai 13 - Lantai 16	350 X 350

DIMENSI SHEARWALL	
LANTAI 1-16	
SW1	300
SW2	300



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

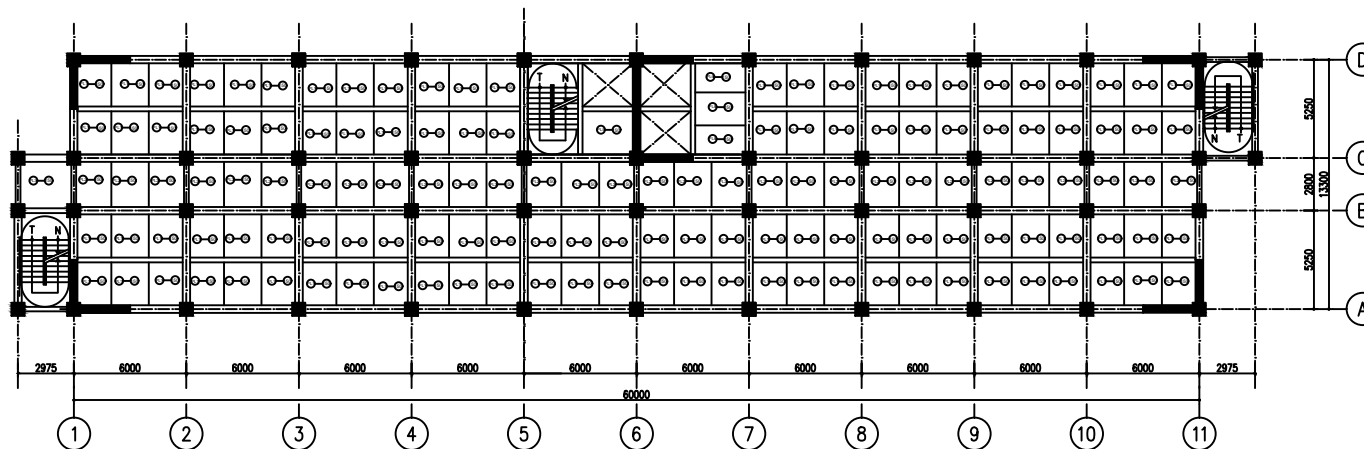
NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

Denah Pelat

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
5	1 : 400	STR



DENAH PELAT 1 - 16 (TIP)

SKALA 1 : 100

DIMENSI PELAT	
LANTAI 1-16	
PL 1	200 X 262,5
PL 2	200 X 280
PL 3	297,5 X 280
PL 4	297,5 X 175
PL 5	300 X 262,5
PL 6	300 X 175



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

Denah Pelat

NO. GMB

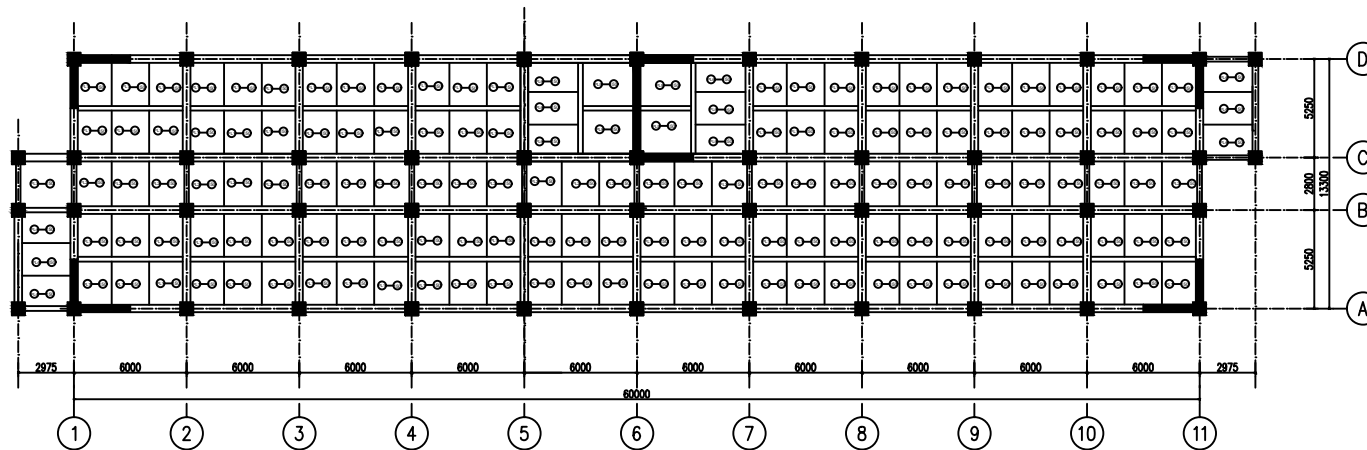
SKALA

KODE GMB

6

1 : 400

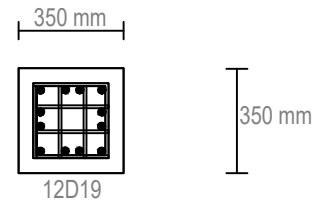
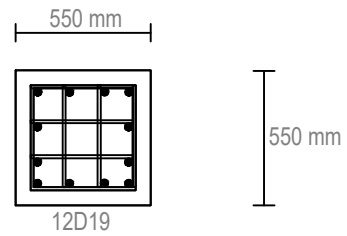
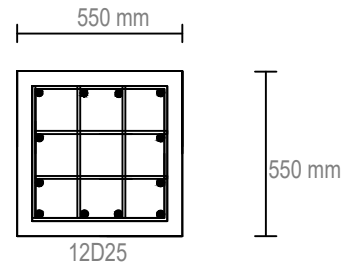
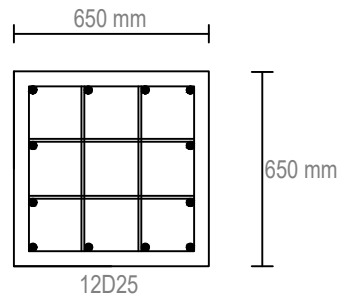
STR



DENAH PELAT ATAP

SKALA 1 : 100

DIMENSI PELAT	
LANTAI 1-16	
PL 1	200 X 262,5
PL 2	200 X 280
PL 3	297,5 X 280
PL 4	297,5 X 175
PL 5	300 X 262,5
PL 6	300 X 175



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

Penampang Kolom

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
7	1 : 25	STR



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

NRP

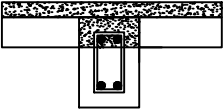
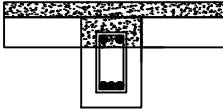
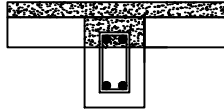
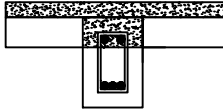
03111440000076

JUDUL GAMBAR

Rekap Penulangan Balok

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
8	1 : 25	STR

TYPE	B1		B2	
DIMENSI BXH(mm)	300 x 400		300 x 400	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
DECKING	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm
TUL. ATAS	4D25	2D25	4D29	2D25
TUL. BAWAH	2D25	3D25	3D25	3D25
SENGKANG	2D10-45	2D10-90	2D10-45	2D10-90
TYPE	B3		B4	
DIMENSI BXH(mm)	300 x 400		300 x 400	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
DECKING	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm
TUL. ATAS	3D25	2D25	2D25	2D25
TUL. BAWAH	3D25	3D25	2D25	2D25
SENGKANG	2D10-60	2D10-90	2D10-45	2D10-90

TYPE	B1A		B2A	
DIMENSI BXH(mm)	250 x 350		250 x 350	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
DECKING	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm
TUL. ATAS	2D22	2D22	2D22	2D22
TUL. BAWAH	2D22	3D22	2D22	3D22
SENGKANG	2D10-30	2D10-65	2D10-30	2D10-60



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

NRP

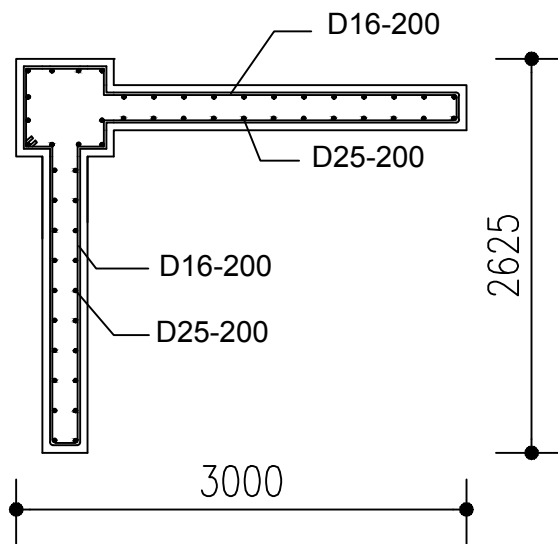
03111440000076

JUDUL GAMBAR

Rekap Penulangan Balok

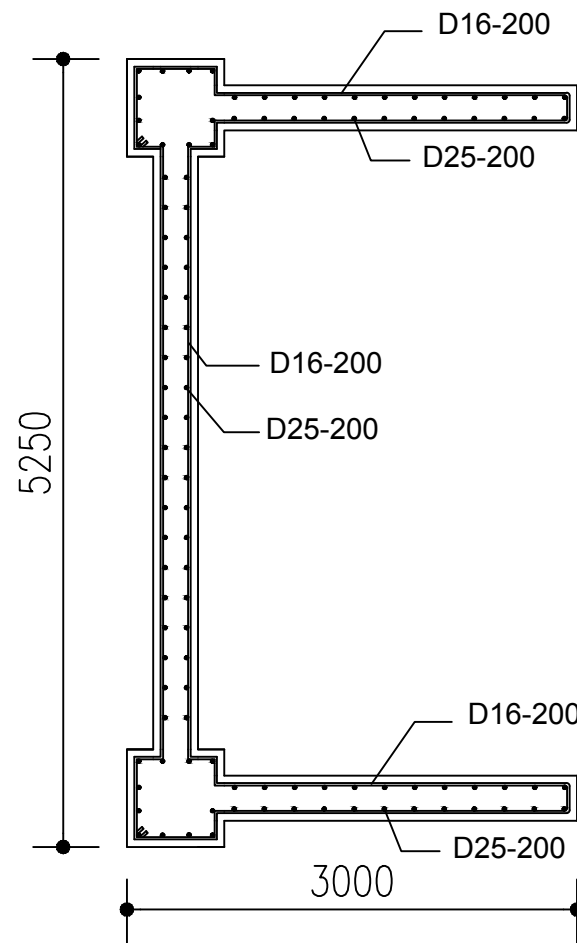
NO. GMB	SKALA	KODE GMB
	1 : 25	STR





PENULANGAN SHEARWALL TIPE 1

SKALA 1 : 100



PENULANGAN SHEARWALL TIPE 2

SKALA 1 : 100



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

Penulangan Shearwall

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
9	1 : 100	STR



DOSEN PEMBIMBING

Prof.Dr.Ir I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

Ilustrasi Tangga

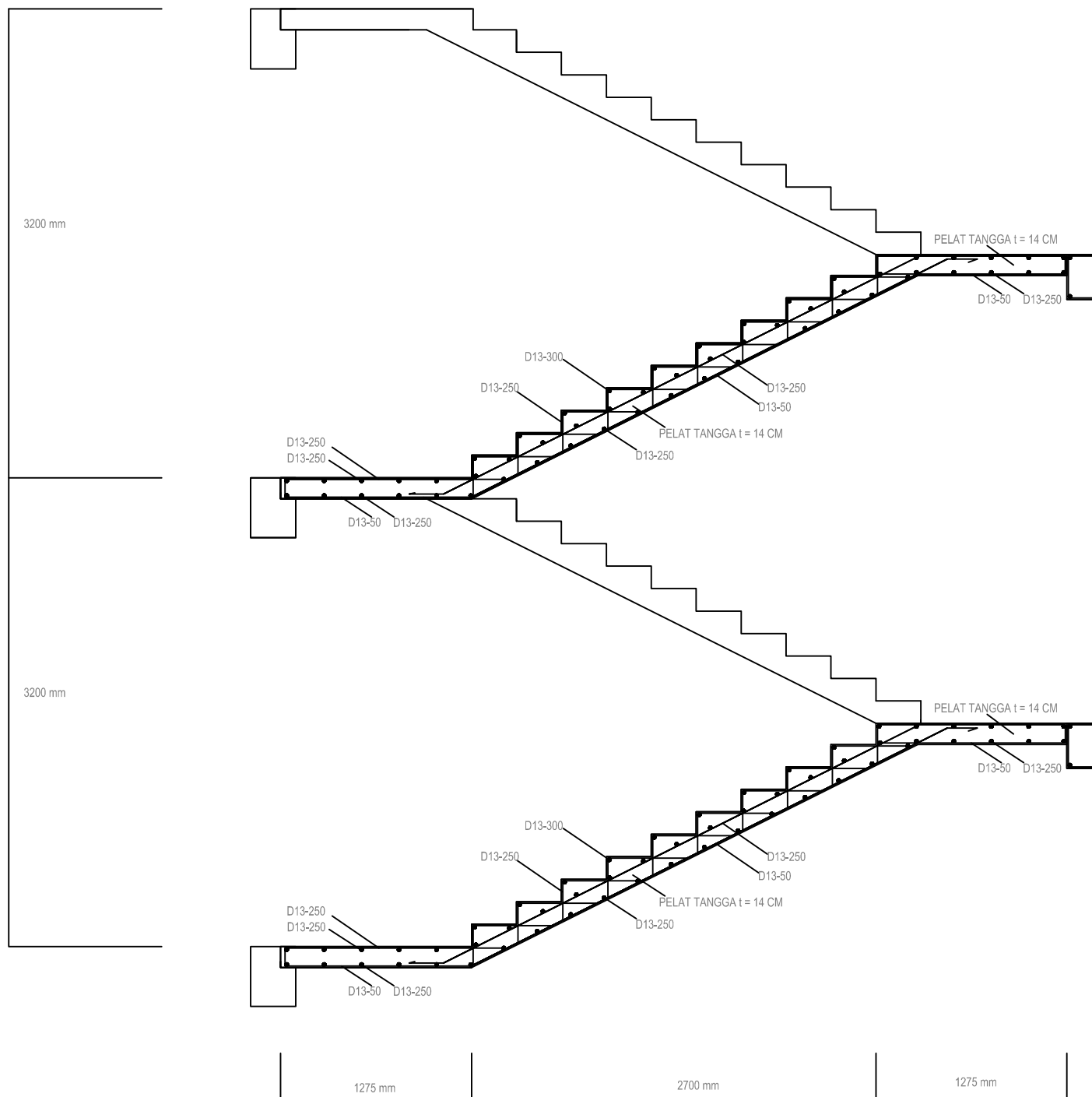
NO. GMB

SKALA

KODE GMB

1 : 300

STR





DOSEN PEMBIMBING

Prof.Dr.Ir I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

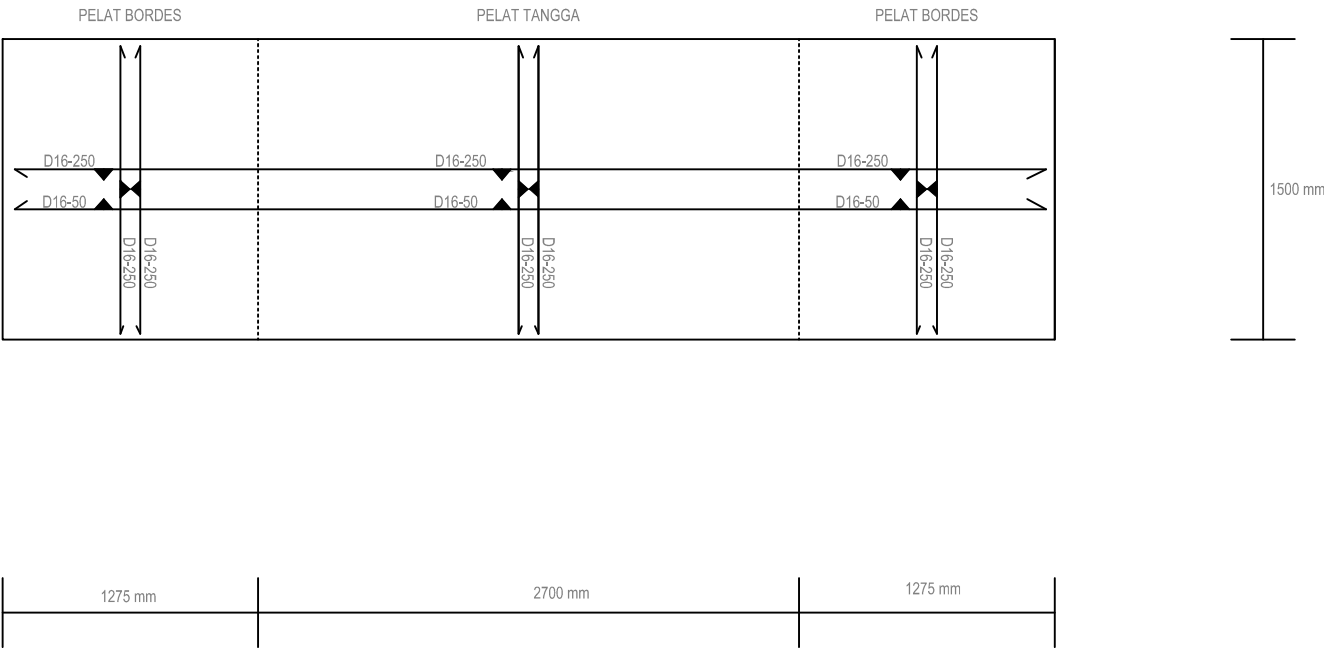
NRP

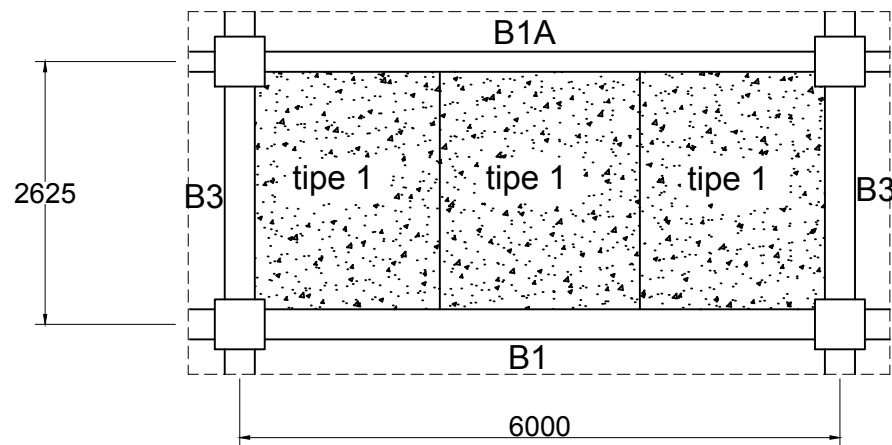
03111440000076

JUDUL GAMBAR

Penulangan Tangga

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
	1 : 300	STR





**DETAIL PELAT TIPE 1**  
Skala 1: 75



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

DETAIL PELAT TIPE 1

NO. GMB

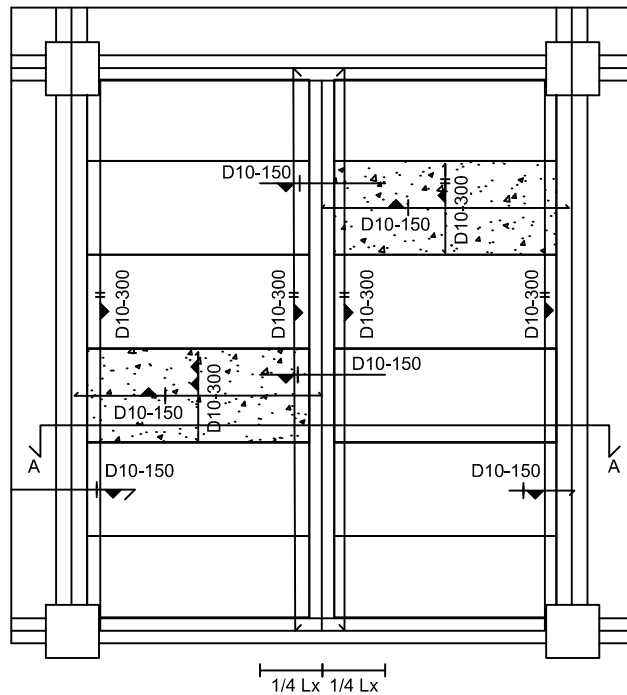
SKALA

KODE GMB

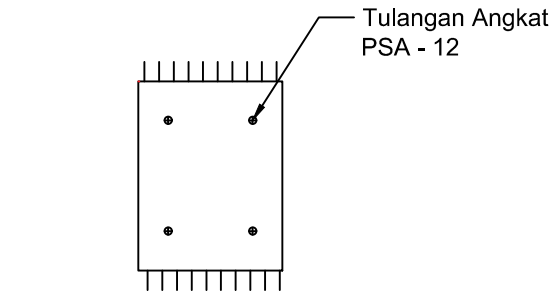
13

1 : 75

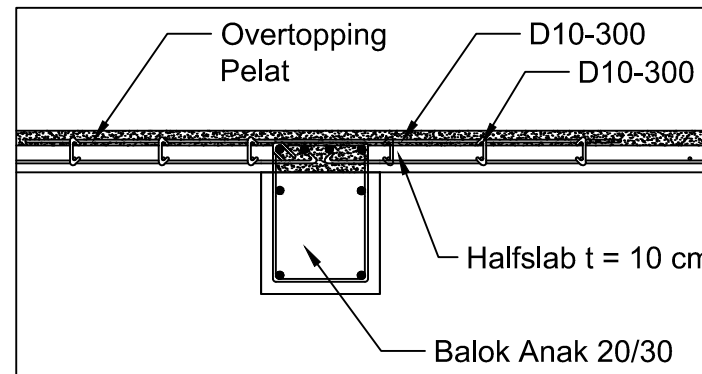
STR



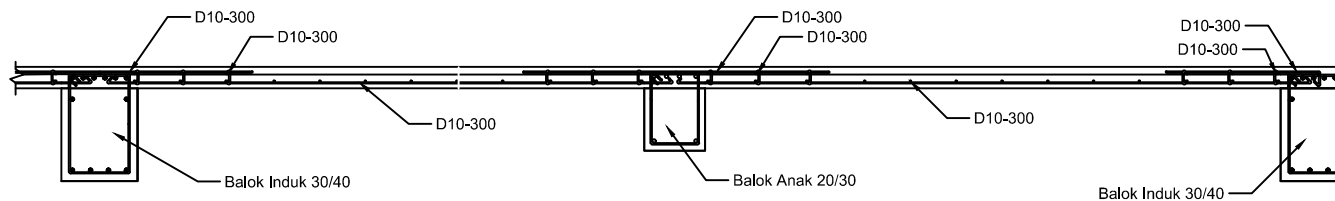
Penulangan Pelat Tipe 1  
Skala 1 : 100



Detail Pengangkatan  
Skala 1 : 50



Detail A



Potongan A-A  
Skala 1 : 20



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

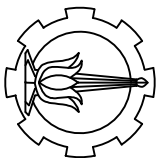
NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

Penulangan Pelat  
Tipe 1

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
14	1 : 100	STR



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGUN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

Potongan Melintang  
Struktural

NO. GMB

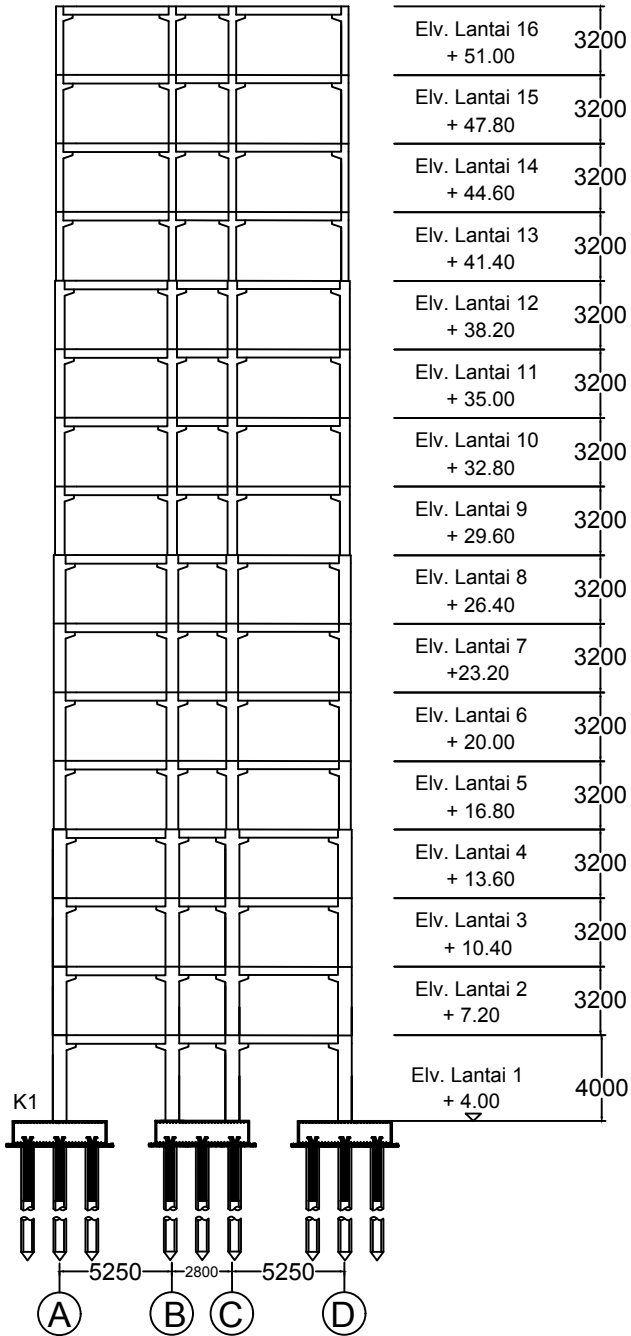
SKALA

KODE GMB

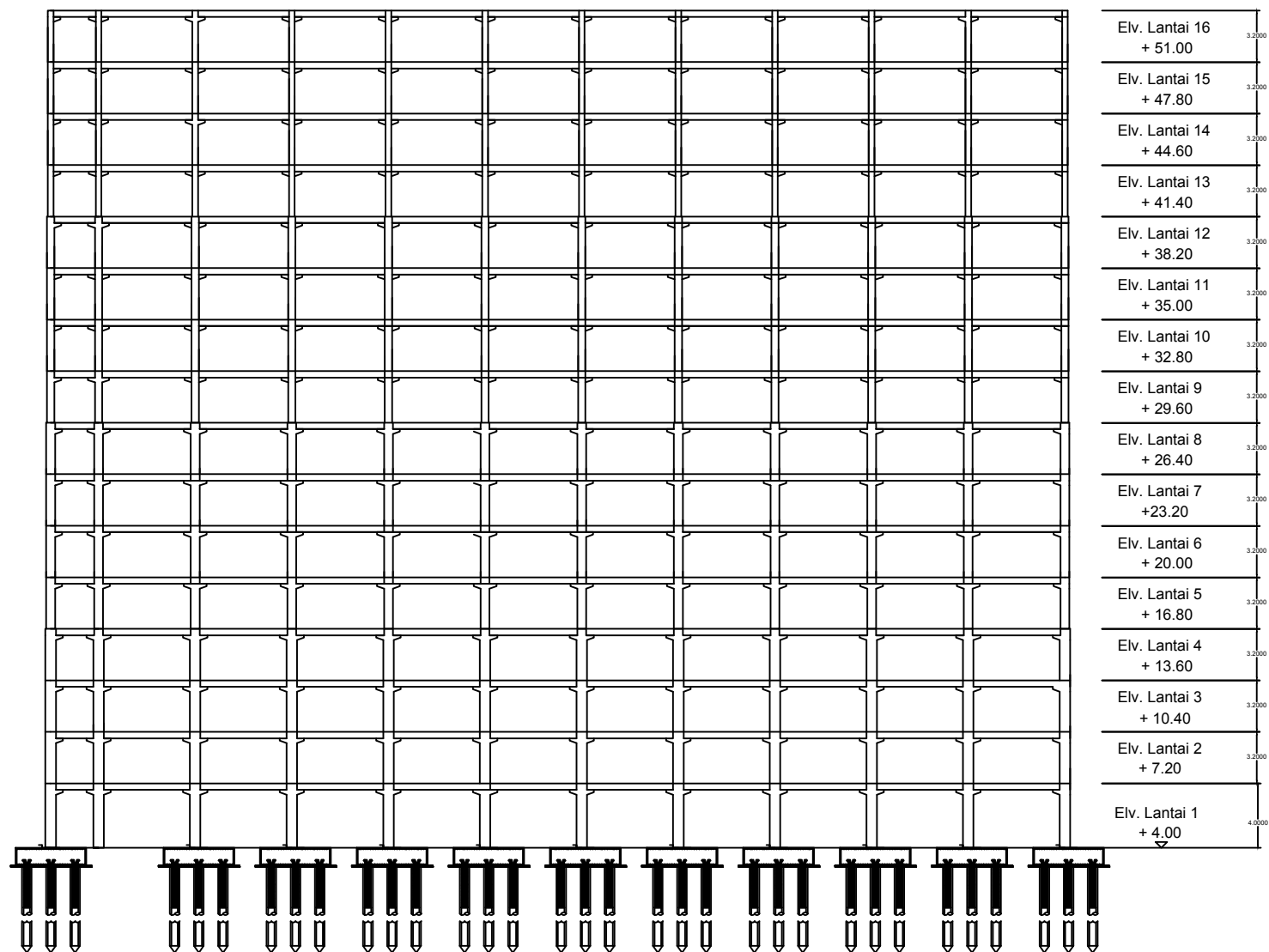
15


1 : 350

STR



Potongan Melintang  
Skala 1 : 350



 Potongan Memanjang  
Skala 1 : 400



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGUN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

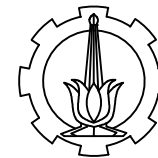
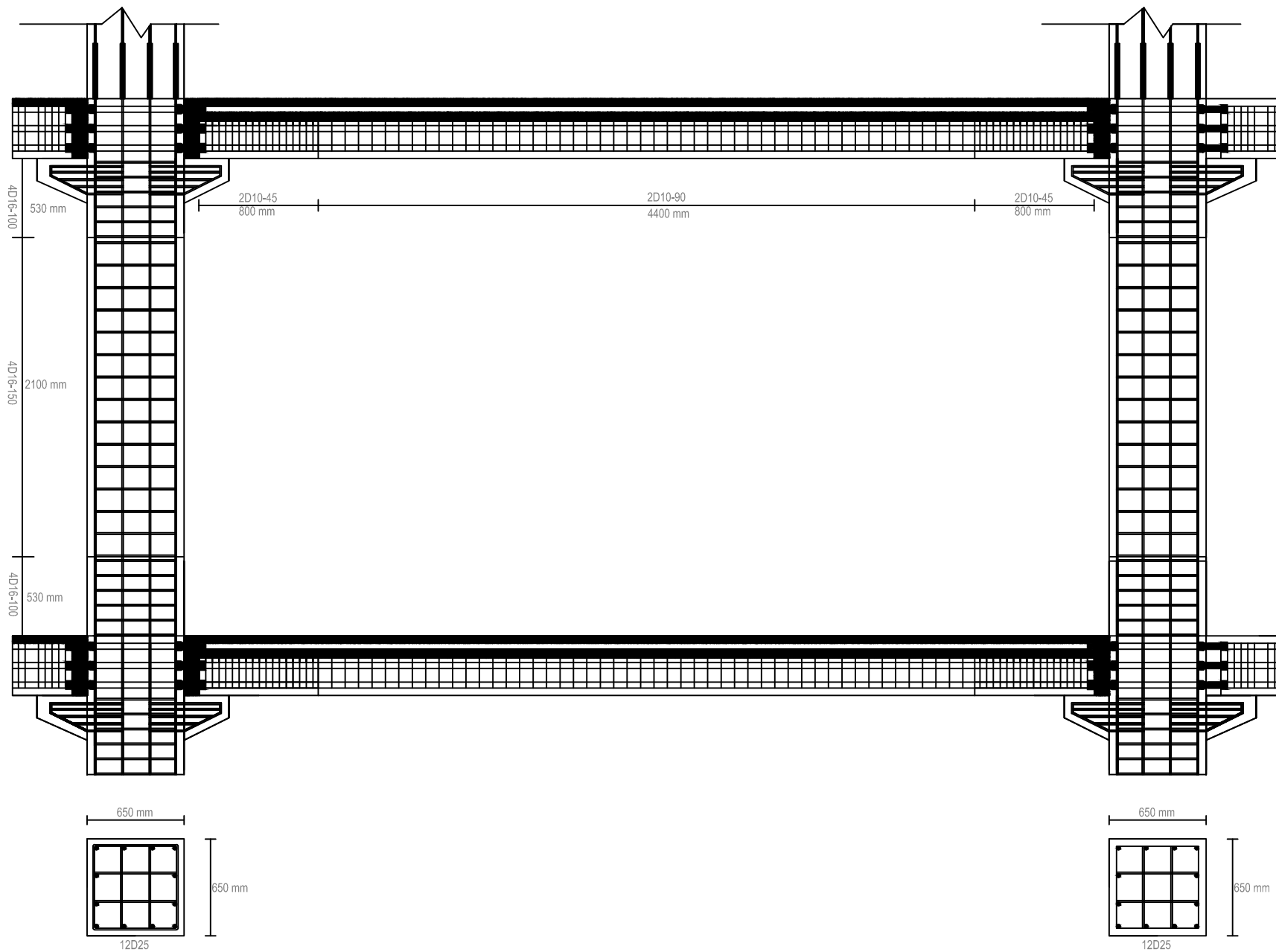
NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

Potongan Memanjang  
Struktural

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
16	1 : 400	STR



DOSEN PEMBIMBING

Prof.Dr.Ir I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

NRP

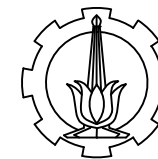
03111440000076

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Balok  
dan Kolom

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
	1 : 300	STR





DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGUN  
SURABAYA  
DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

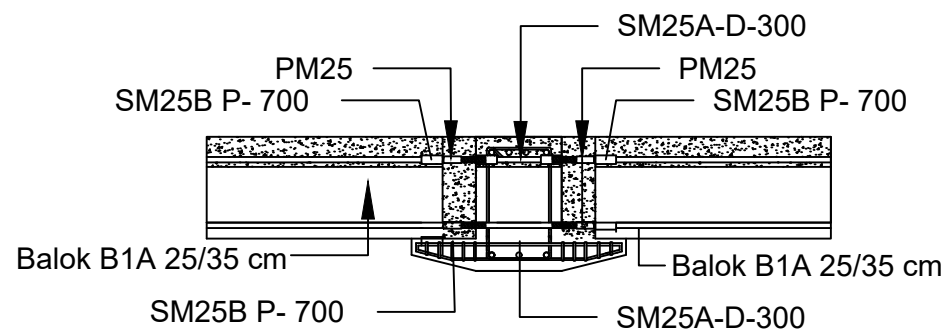
NRP

03111440000076

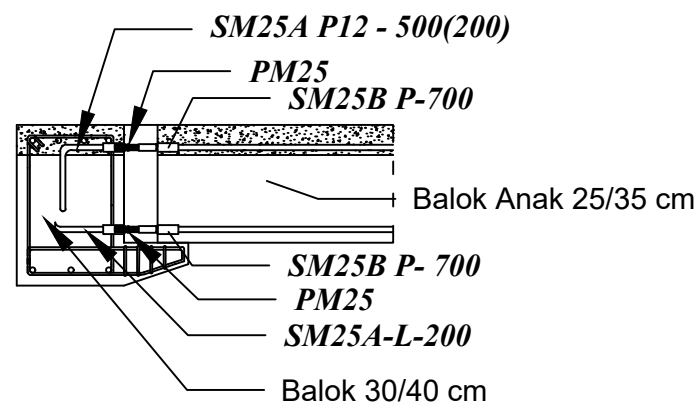
JUDUL GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
19	1 : 30	STR



Detail Sambungan Balok Anak-Balok Induk Dual Sided  
Skala 1 : 30



Detail Sambungan Balok Anak-Balok Induk Single Sided  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGUN  
SURABAYA  
DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

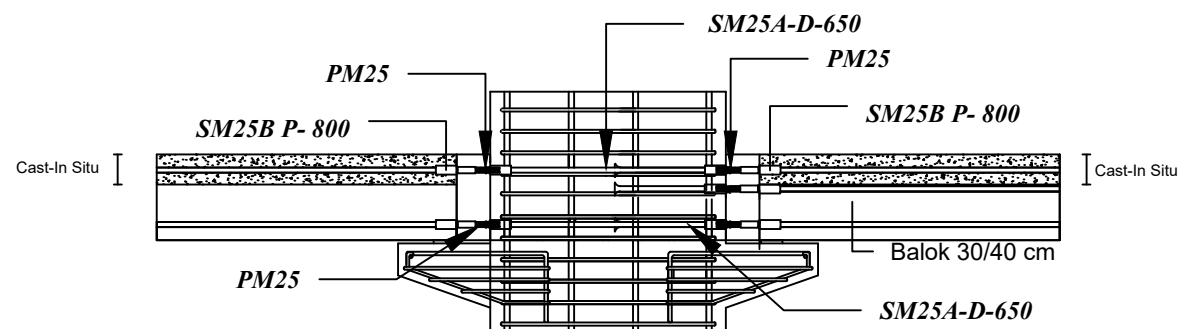
NRP


03111440000076

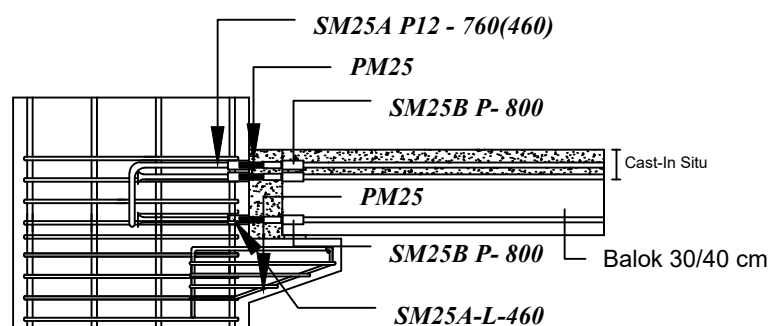
JUDUL GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
18	1 : 30	STR



 Detail Sambungan Kolom-Balok Induk Double Sided  
Skala 1 : 30



 Detail Sambungan Kolom-Balok Induk Single Sided  
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

### SAMBUNGAN KOLOM 4

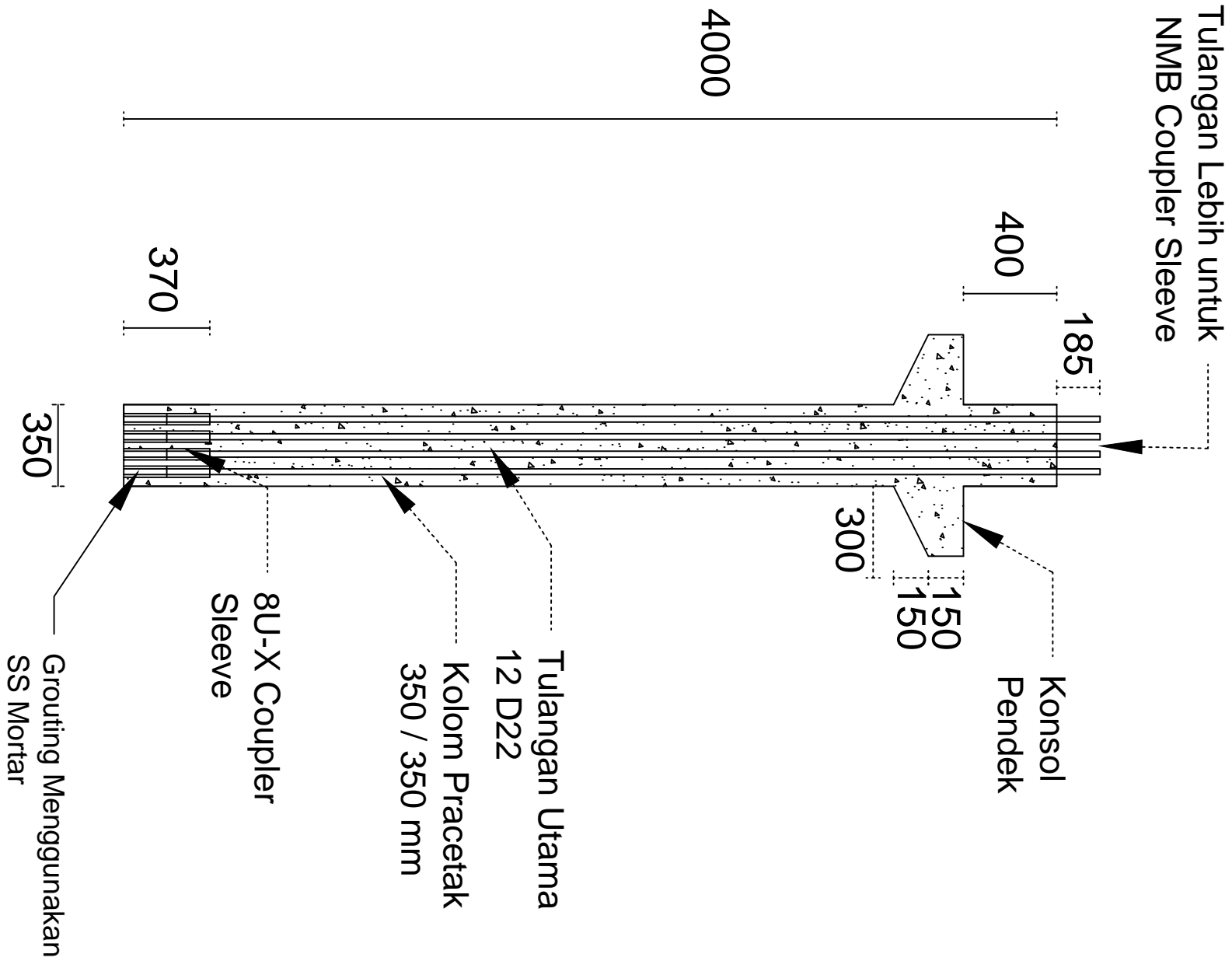
NO. GMB

## SKALA

KODE GMB

1 : 25

STR





DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

NRP

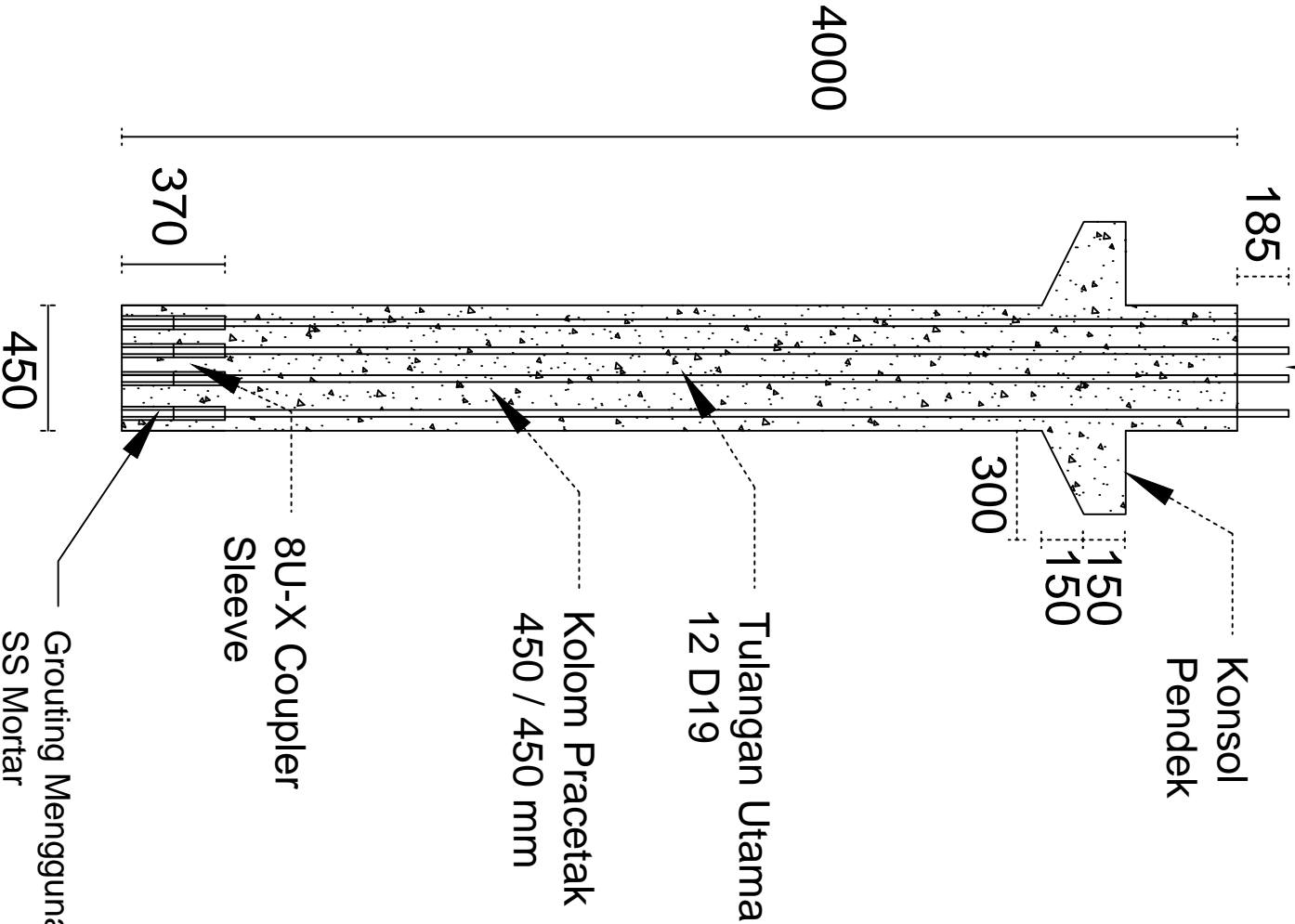
03111440000076

JUDUL GAMBAR

SAMBUNGAN KOLOM 3

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
	1 : 25	STR

Tulangan Lebih untuk  
NMB Coupler Sleeve





DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

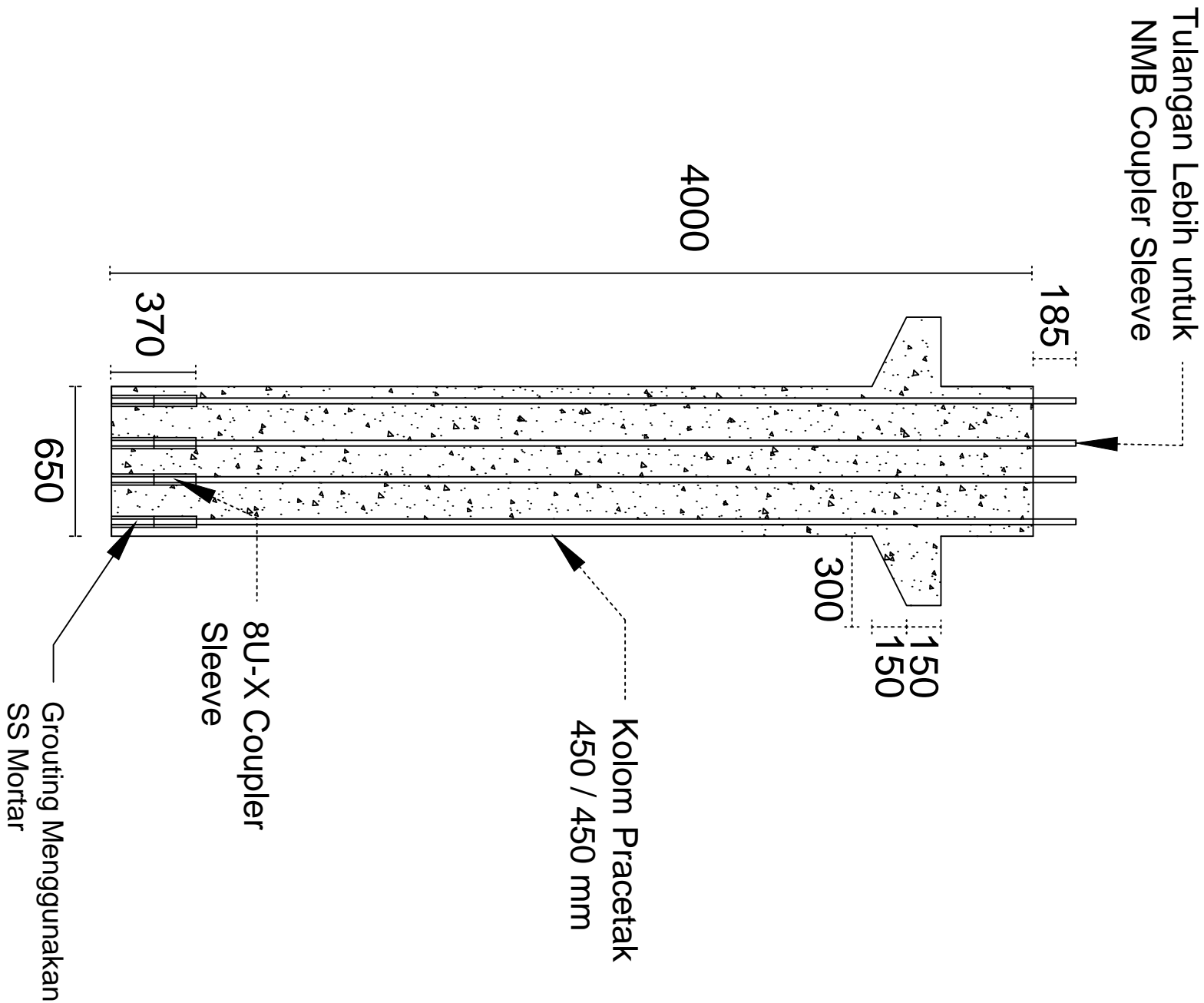
NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

SAMBUNGAN KOLOM 1

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
	1 : 25	STR





DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR  
RUMAH SUSUN TAMBAK OSOWILANGAN  
SURABAYA DENGAN METODE  
BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

## SAMBUNGAN KOLOM 2

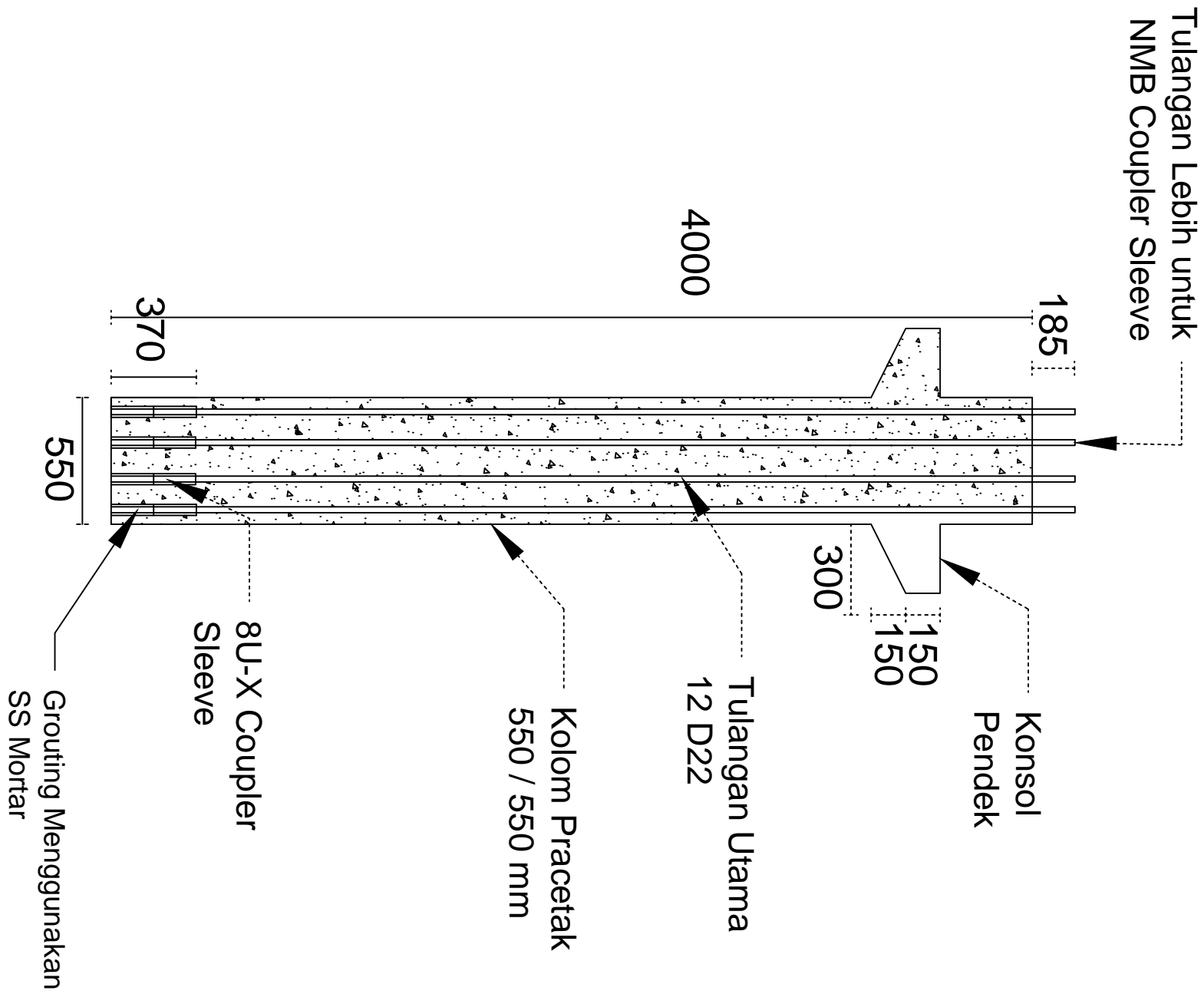
NO. GMB

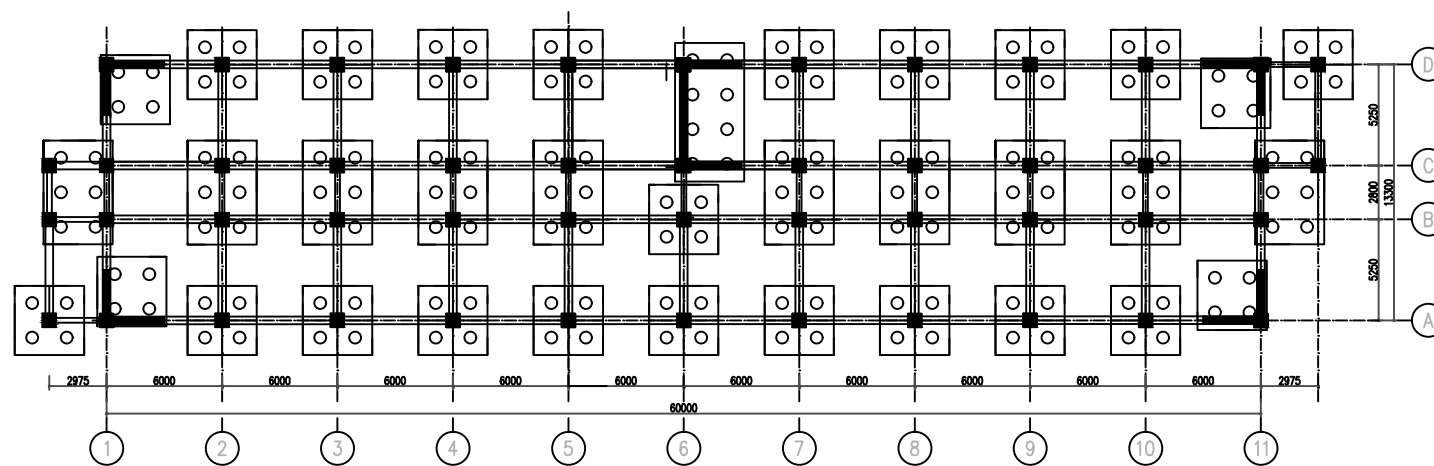
## SKALA

KODE GMB

1 : 25

STR





DENAH PONDASI

SKALA 1 : 100



DOSEN PEMBIMBING

Prof.Dr.Ir I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI  
STRUKTUR RUMAH SUSUN  
TAMBAK OSOWILANGUN  
SURABAYA  
DENGAN METODE BETON  
PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

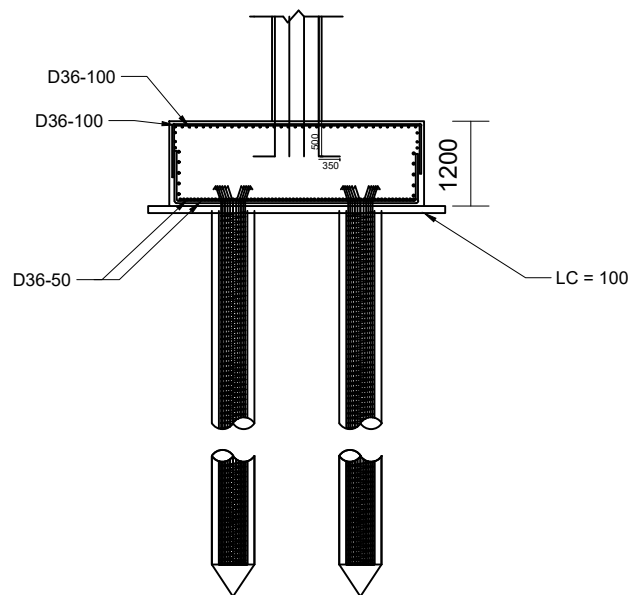
NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

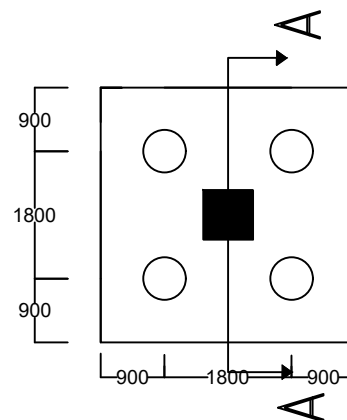
DENAH PONDASI

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
	1 : 300	



POTONGAN A-A

SKALA 1 : 75



POER TIPE 1

SKALA 1 : 75



DOSEN PEMBIMBING

Prof.Dr.Ir I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR RUMAH  
SUSUN TAMBAK OSWILANGUN  
SURABAYA DENGAN METODE BETON  
PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

NRP

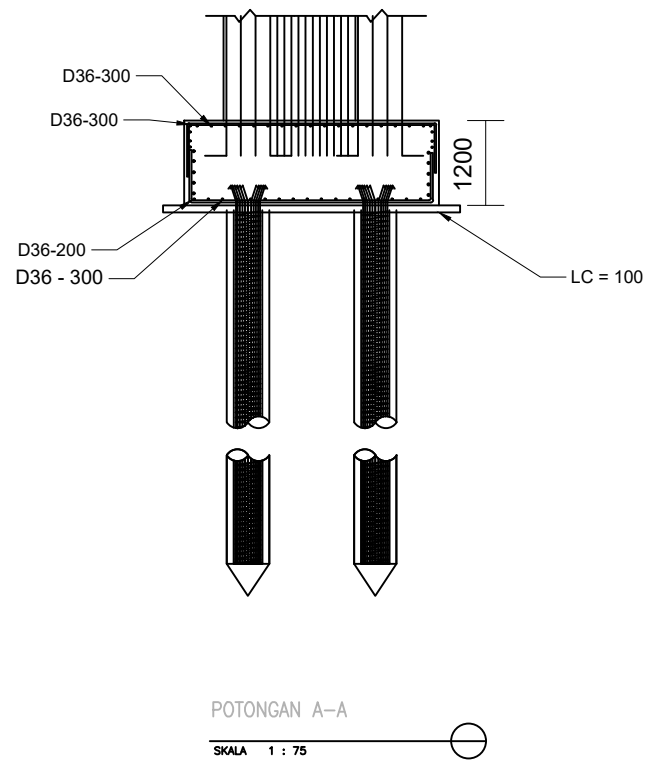
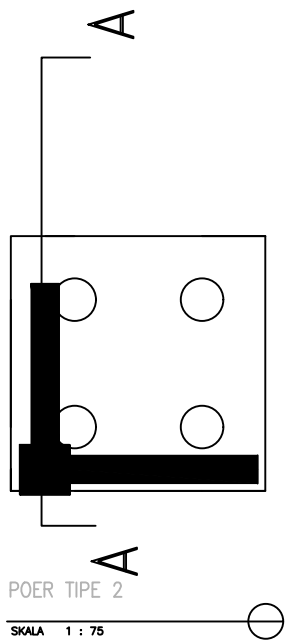
03111440000076

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN POER

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
25	1 : 75	STR





DOSEN PEMBIMBING

Prof.Dr.Ir I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR RUMAH  
SUSUN TAMBAK OSWILANGUN  
SURABAYA DENGAN METODE BETON  
PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

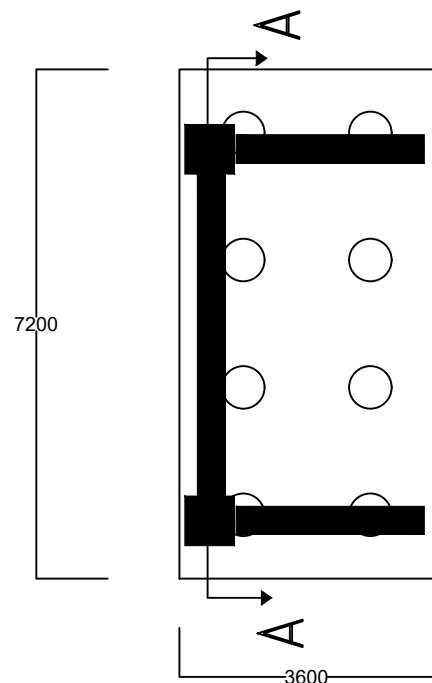
NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

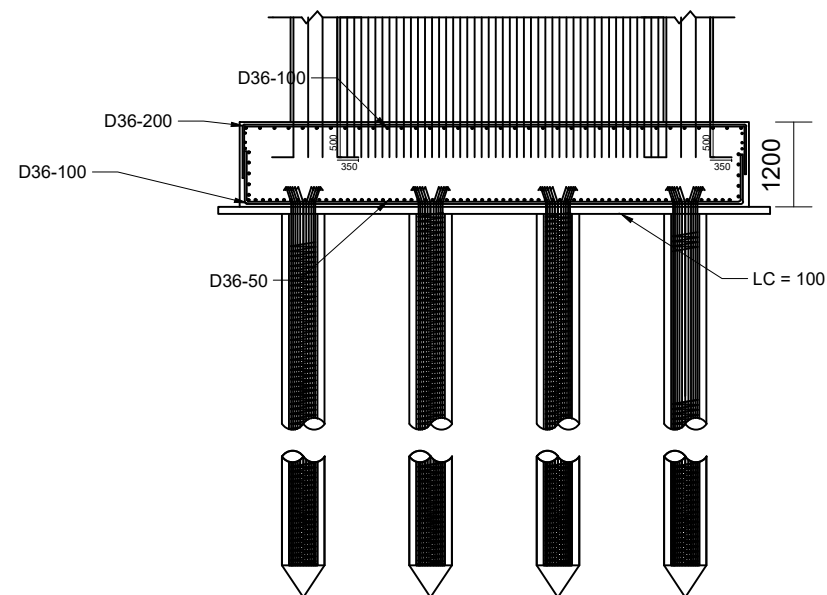
PENULANGAN POER

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
26	1 : 75	



POER TIPE 3

SKALA 1 : 75



POTONGAN A-A

SKALA 1 : 75



DOSEN PEMBIMBING

Prof.Dr.Ir I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR RUMAH  
SUSUN TAMBAK OSWILANGUN  
SURABAYA DENGAN METODE BETON  
PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

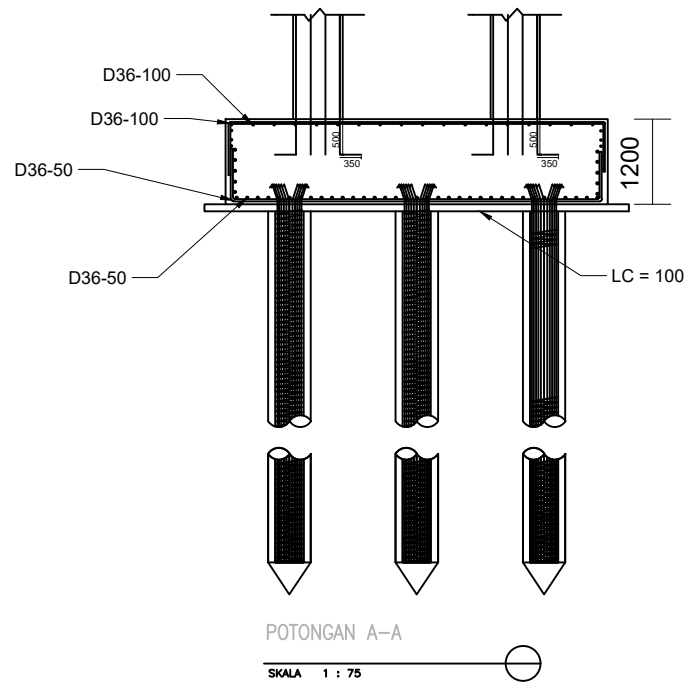
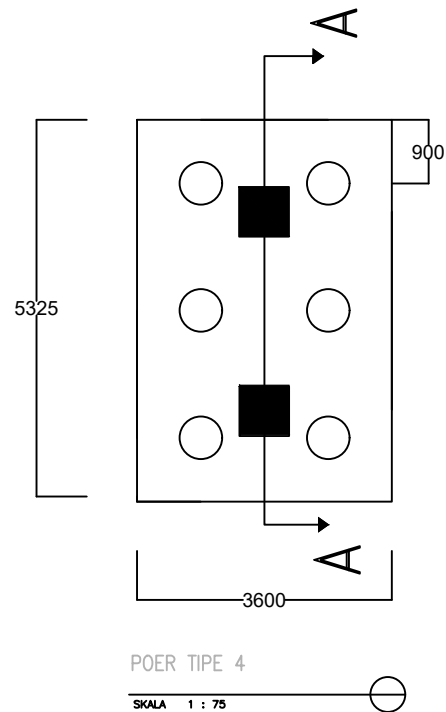
NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN POER

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
	1 : 75	



DOSEN PEMBIMBING

Prof.Dr.Ir I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR RUMAH  
SUSUN TAMBAK OSWILANGUN  
SURABAYA DENGAN METODE BETON  
PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

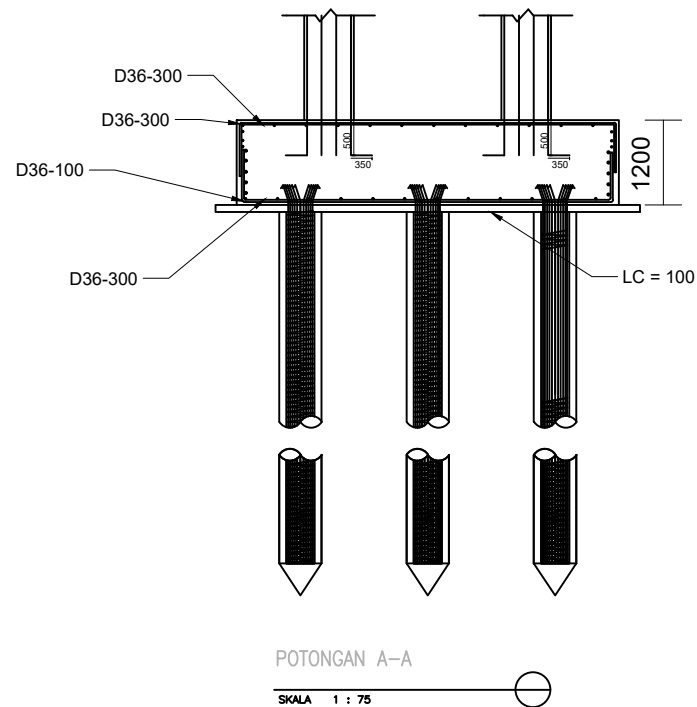
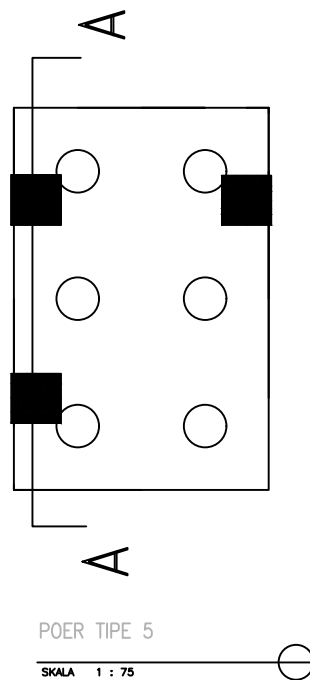
PENULANGAN POER

NO. GMB

SKALA

KODE GMB

1 : 75



DOSEN PEMBIMBING

Prof.Dr.Ir I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR RUMAH  
SUSUN TAMBAK OSWILANGUN  
SURABAYA DENGAN METODE BETON  
PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

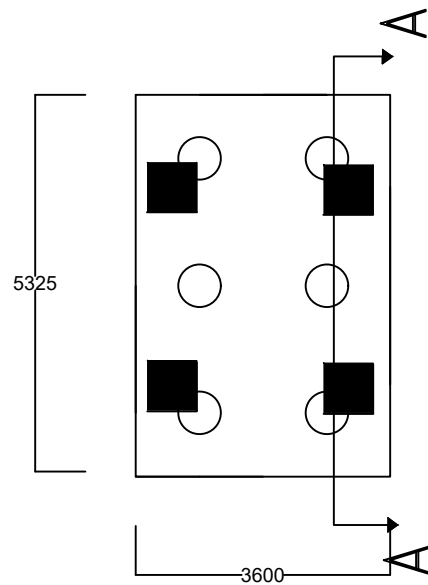
NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

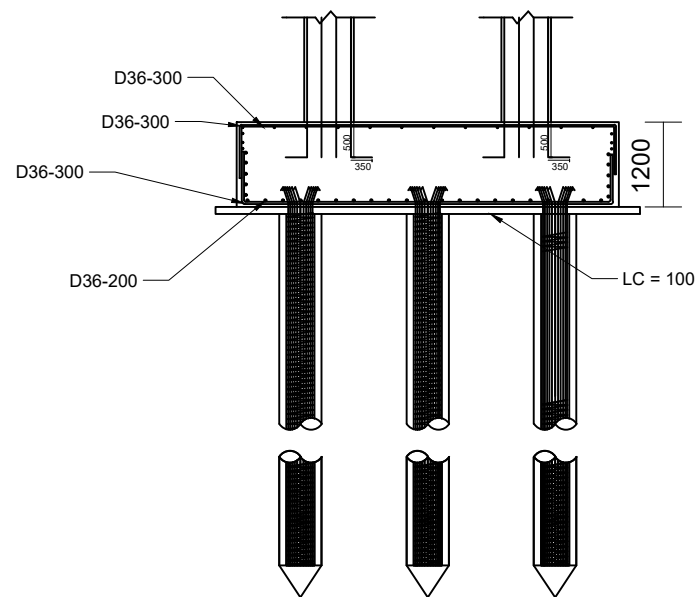
PENULANGAN POER

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
	1 : 75	



POER TIPE 6

SKALA 1 : 75



POTONGAN A-A

SKALA 1 : 75



DOSEN PEMBIMBING

Prof.Dr.Ir I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR RUMAH  
SUSUN TAMBAK OSWILANGUN  
SURABAYA DENGAN METODE BETON  
PRACETAK

NAMA MAHASISWA

SYAH RIZAL DARMAWAN

NRP

03111440000076

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN POER

NO. GMB

SKALA

KODE GMB

1 : 75



## HYUNDAI ELEVATOR CO., LTD.

### HEAD OFFICE & FACTORY

San 136-1, Ami-ri, Bubal-eup, Icheon-si, Gyeonggi-do 467-734, Korea  
Tel : 82-2-3670-0661/0665 Fax : 82-2-3672-8763-4  
www.hyundaielevator.co.kr

### SEOUL OFFICE(INT'L SALES DIV.)

9F East Bldg, Hyundai Group Bldg., 1-7 Yeonji-dong Jongno-gu, Seoul 110-754, Korea  
Tel : 82-2-3670-0661/0665 Fax : 82-2-3672-8763-4

### INTERNATIONAL SALES & SERVICE NETWORK

<b>ALGERIA</b> Tel : 213-21-203787 Fax : 213-21-216444	<b>ETHIOPIA</b> Tel : 251-911-851313 Fax : 251-118-605051	<b>MONGOLIA</b> Tel : 976-11-7015-3333 Fax : 976-11-7016-3333	<b>SUDAN</b> Tel : 249-183-230-389 Fax : 249-183-230-364
<b>ARGENTINA</b> Tel : 5411-3220-2878	<b>GUATEMALA</b> Tel : 502-2388-0000 Fax : 502-2388-0044	<b>MYANMAR</b> Tel : 951-521080-83 Fax : 951-521080-83	<b>SYRIA</b> Tel : 963-114-419199 Fax : 963-114-469-8666
<b>ARMENIA</b> Tel : 971-4-440-49-27 Fax : 971-4-440-49-26	<b>INDIA</b> Tel : 91-20-3250-2190 Fax : 91-20-2747-0568	<b>NIGERIA</b> Tel : 234-803-7352222 Fax : 0703-4444400	<b>THAILAND</b> Tel : 66-2348-8000 Fax : 66-2249-8483
<b>AZERBAIJAN</b> Tel : 994-12-418-0106 Fax : 994-12-567-18-77	<b>INDONESIA</b> Tel : 62-21-631-8444 Fax : 62-21-632-6288	<b>OMAN</b> Tel : 968-9286-4334 Fax : 968-2449-9307	<b>TUNIS</b> Tel : 216-70-853-231 Fax : 216-71-754-361
<b>BAHRAIN</b> Tel : 973-17-702-468 Fax : 973-17-702-643	<b>IRAN</b> Tel : 98-21-8869-8727-36 Fax : 98-21-8855-3741	<b>PAKISTAN</b> Tel : 92-21-3432-0601 Fax : 92-21-3432-0617	<b>TURKEY</b> Tel : 90-216-488-8000 Fax : 90-216-488-9191
<b>BANGLADESH</b> Tel : 880-1711-533047 Fax : 880-2-9884392	<b>IRAQ</b> Tel : 964-770-588-0555	<b>PANAMA</b> Tel : 507-230-3166 Fax : 507-230-3187	<b>TURKMENISTAN</b> Tel : 993-12-95-0333 Fax : 993-12-95-0330
<b>BOLIVIA</b> Tel : 591-3-3-435243	<b>ISRAEL</b> Tel : 972-3-963-0000 Fax : 972-3-963-0050	<b>PERU</b> Tel : 51-1-472-6868 Fax : 51-1-472-6898	<b>U.A.E.</b> Abu Dhabi Tel : 971-2-671-1779 Fax : 971-2-443-8822 Dubai Tel : 971-4-294-4475 Fax : 971-4-294-4476
<b>BRAZIL</b> Tel : 55-81-3271-6272 Tel : 55-11-9981-0381	<b>ITALY</b> Tel : 39-0464-485-333 Fax : 39-0464-485-334	<b>PHILIPPINES</b> Tel : 632-716-0905 Fax : 632-714-8896	<b>USA</b> Tel : 1-562-404-1909 Fax : 1-562-404-1902
<b>CHILE</b> Tel : 562-263-53394	<b>JAPAN</b> Tel : 81-3-3436-5117 Fax : 81-3-3436-5198	<b>POLAND</b> Tel : 48-61-820-85-51 Fax : 48-61-820-85-52	<b>VENEZUELA</b> Tel : 58-212-232-8263 Fax : 58-212-232-7178
<b>CHINA</b> Tel : 86-21-6485-8600 Fax : 86-21-6485-3511	<b>JORDAN</b> Tel : 962-79-5526-713 Fax : 962-6-5699-014	<b>QATAR</b> Tel : 974-4436-6687 Fax : 974-4436-6689	<b>VIETNAM</b> Tel : 84-4-3572-4588 Fax : 84-4-3572-4699
<b>COLOMBIA</b> Tel : 57-4-444-9297	<b>KAZAKHSTAN</b> Tel : 7-727-244-0555 Fax : 7-727-267-6456	<b>RUSSIA</b> Tel : 7-495-514-00-32 Fax : 7-495-258-04-18	<b>SAUDI ARABIA</b> Tel : 966-2-652-9000 Fax : 966-2-652-9090
<b>CUBA</b> Tel : 537-699-3460 Fax : 537-699-3412	<b>KUWAIT</b> Tel : 965-2245-7925 Fax : 965-2242-3510	<b>SPAIN</b> Tel : 34-933-779-200 Fax : 34-933-779-401	<b>SOUTH AFRICA</b> Tel : 277-1455-4770
<b>DOMINICAN REPUBLIC</b> Tel : 809-566-9426	<b>LIBYA</b> Tel : 218-91-735-0745 Fax : 201-00-354-4237		
<b>ECUADOR</b> Tel : 593-2-254-2831 Fax : 593-2-255-3761	<b>MEXICO</b> Tel : 52-55-56635246 Fax : 52-55-5663-2982		
<b>EGYPT</b> Tel : 20-2-25050874 Fax : 0020-2-25078503			

PASSENGER ELEVATORS - We reserve the right to change designs and specifications for the product development without prior notice.  
Copyright © HYUNDAI ELEVATOR CO., LTD. All rights reserved. Printed in Korea.  
CATALOG CODE : C-PEL-E0408/2013.03/Rev.4



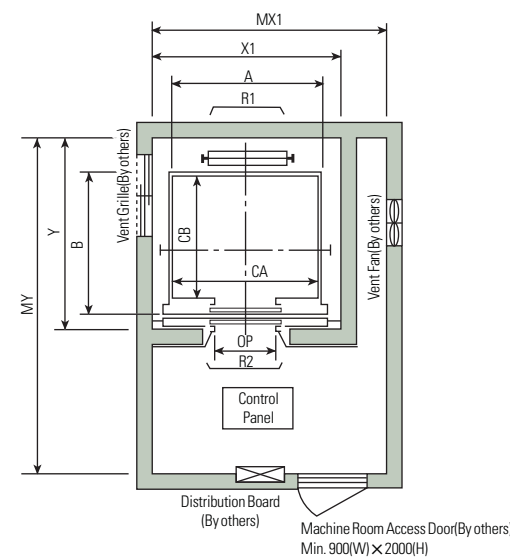
# PASSENGER ELEVATORS

Moving solutions with safety, reliability and efficiency

 **HYUNDAI ELEVATOR**

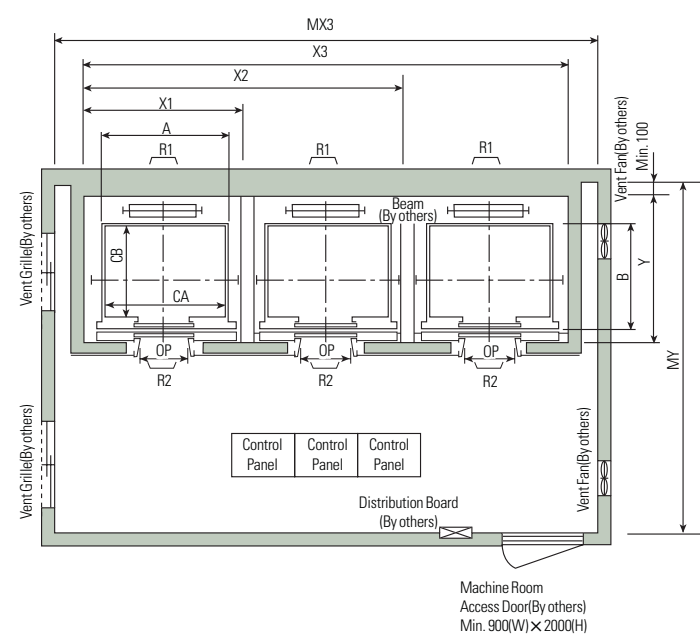
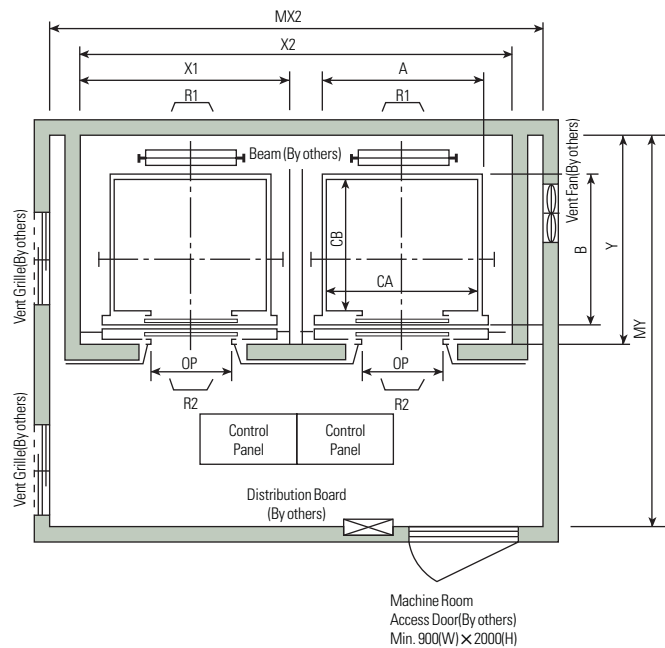
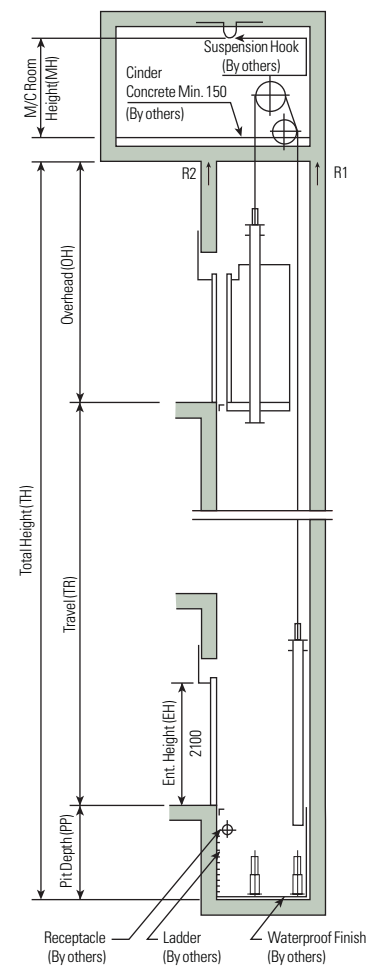
Layout Plan – Geared Elevators 1~1.75m/sec

Plan of Hoistway & Machine Room



**Note:** Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner(if necessary) and humidity below 90%.

Section of Hoistway



Standard Dimensions & Reactions

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg		Internal CA × CB	External A × B	1Car X1	2Cars X2	3Cars X3	Depth Y	1Car MX1	2Cars MX2	3Cars MX3	Depth MY	R1	R2	R3	R4
1	6	450	800	1400 × 850	1460 × 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	5200	4300
	8	550	800	1400 × 1030	1460 × 1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250	5800	4700
	9	600	800	1400 × 1130	1460 × 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	6100	4900
	10	700	800	1400 × 1250	1460 × 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	6600	5200
	11	750	800	1400 × 1350	1460 × 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	6900	5400
1.5	13	900	900	1600 × 1350	1660 × 1505	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	7900	6100
	15	1000	900	1600 × 1500	1660 × 1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300	8400	6400
1.75	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6600	5100	10800	8500
			1100	2000 × 1350	2100 × 1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800				
	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200	7800	6000	11800	9100
			1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000				
1.75	24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300	8500	6800	13100	9900
				2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200				

- Notes :** 1. Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.  
2. Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.  
3. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.  
4. The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN81=75kg/person)  
5. Above dimensions are applied in case the door is standard. In case fire protection door that the clear opening is over 1000mm is applied, hoistway size for 1 car should be applied above. X1 dimension plus 100mm.

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
1	4600	1500	2200
1.5	4800	1800	2400
1.75	5000	2100	2400

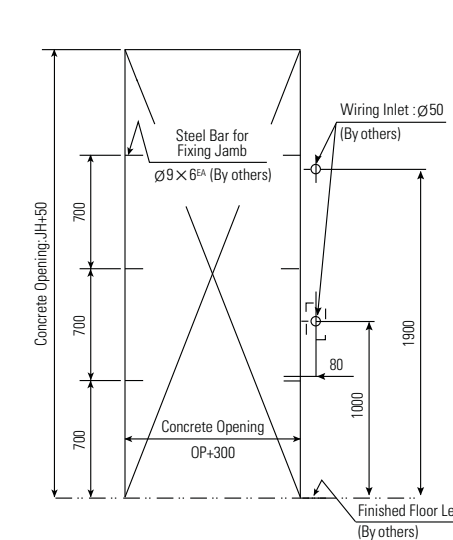
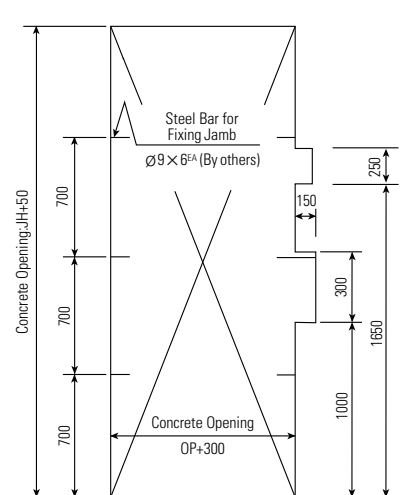
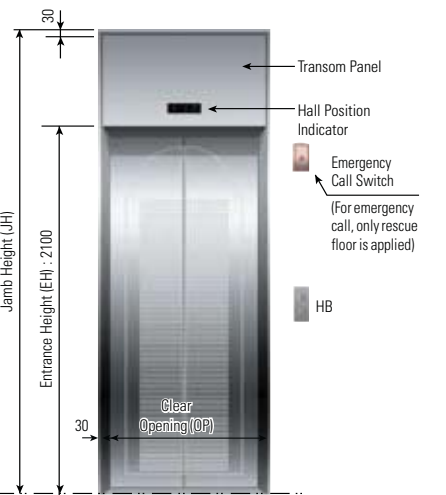
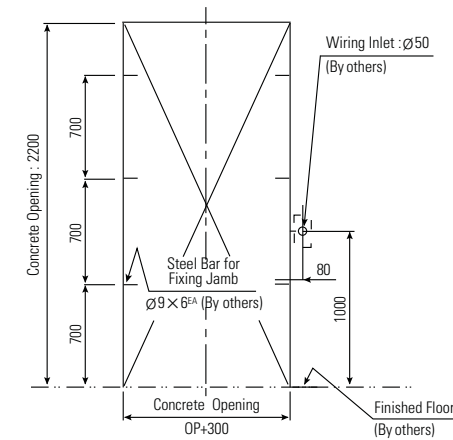
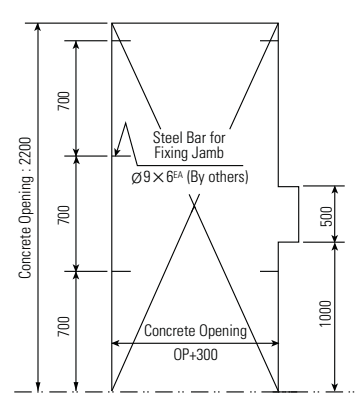
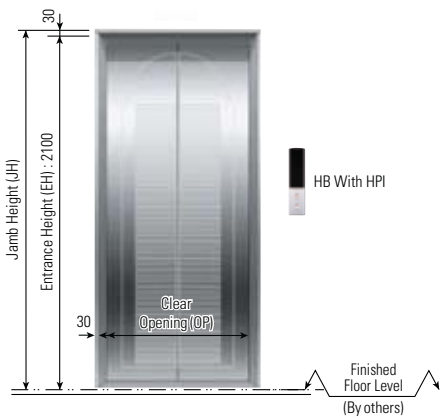
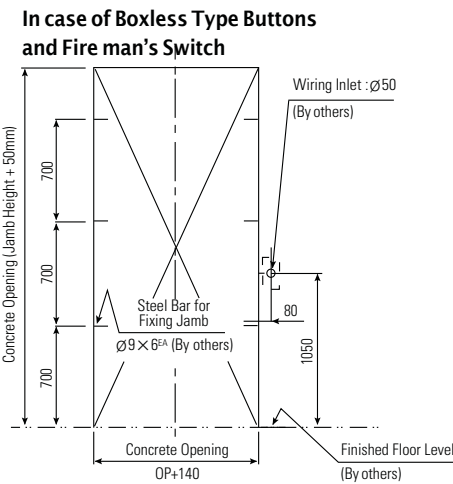
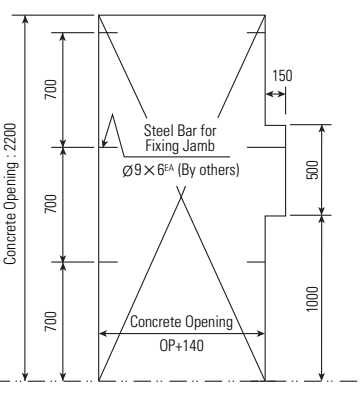
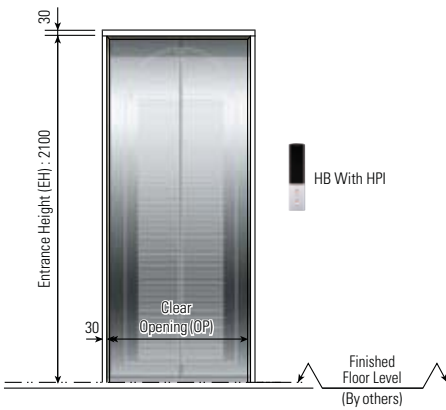
- Notes :** 1. The minimum hoistway dimensions are shown on the above table. Therefore, some allowances should be made considering the sloping of the hoistways.  
2. Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.  
3. The minimum machine room height should be 2800mm in case of the traction machine with double isolation pad.

# Typical Entrance Layouts

# Typical Entrance Layouts – Only for Floor with Control Panel of the Machine-Room-Less Elevators

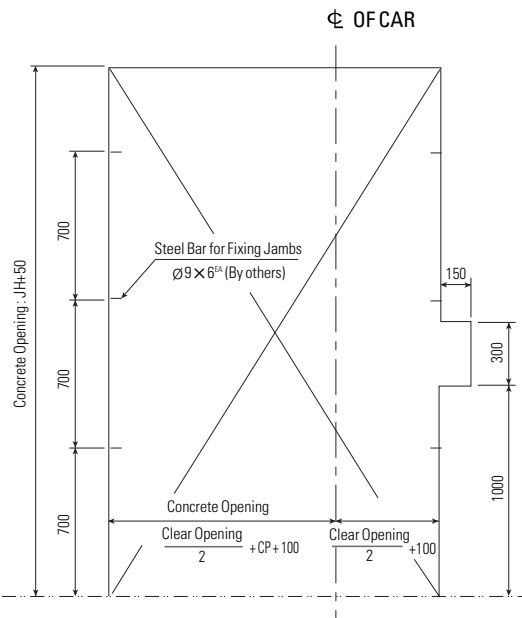
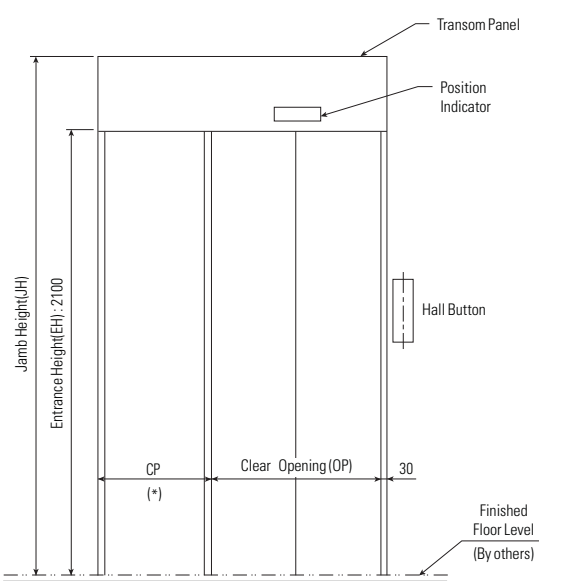
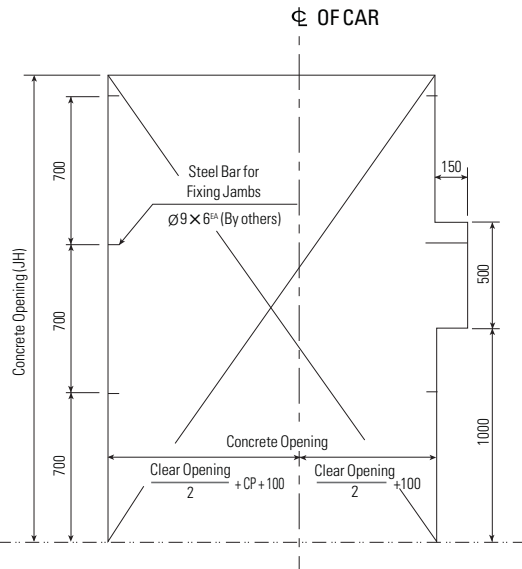
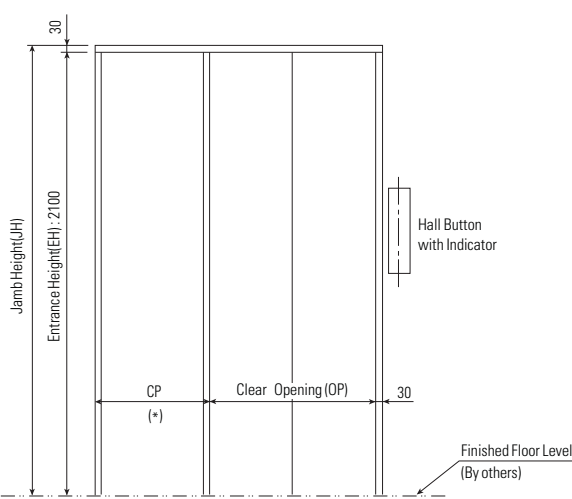
## Entrance

## Structural Opening of Entrance



## Entrance Design

## Structural Opening of Entrance



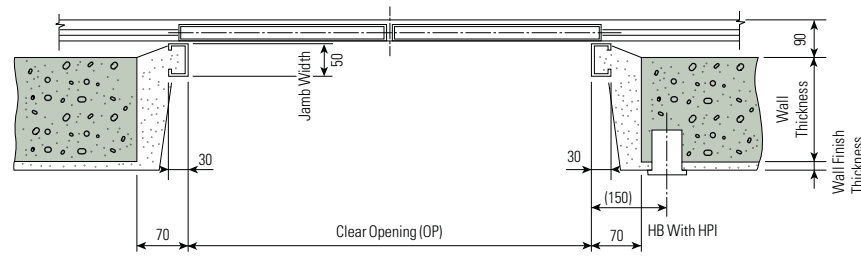
(Unit: mm)

Persons	Speed (m/sec)	Width of Control Panel (CP)(*)
8~17	Under 1.75	530
20, 24	1	530
	1.5	630
	1.75	630

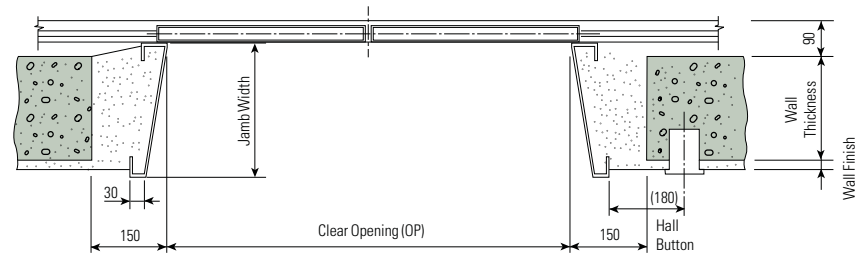


## Typical Entrance Layouts – 2-Panel Center-Opening Doors (CO)

### Plan of Entrance

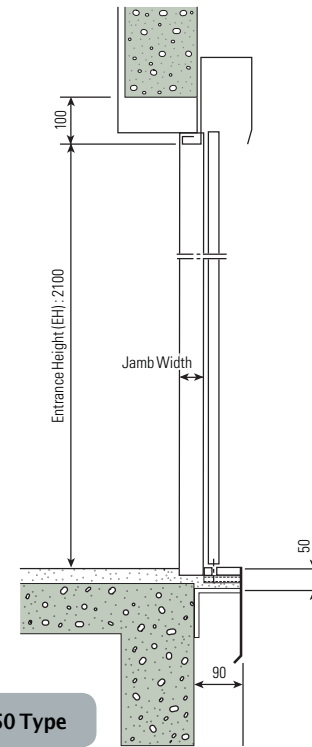


JP050 Type

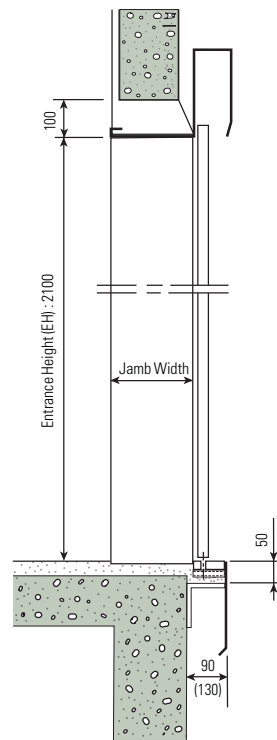


JP100, JP200 Type

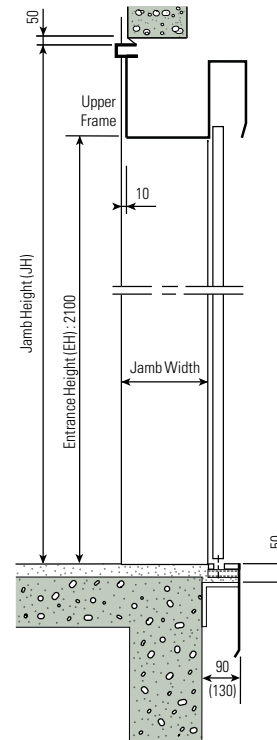
### Section Entrance



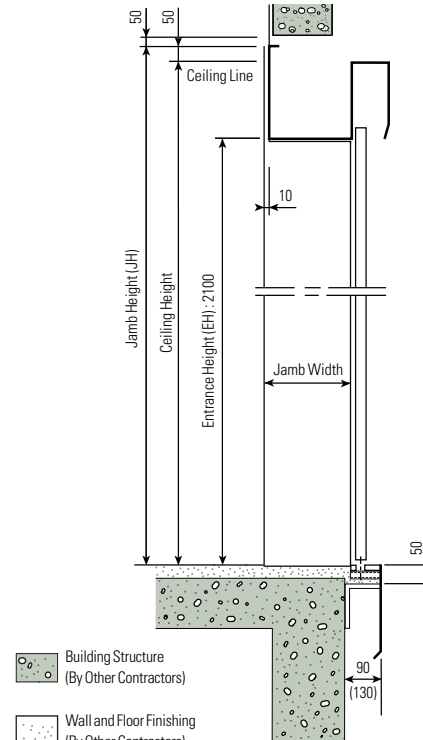
JP050 Type



JP100 Type



JP200 Type  
(with upper frame)



JP200 Type  
(without upper frame)

Building Structure  
(By Other Contractors)

Wall and Floor Finishing  
(By Other Contractors)

## Works To Be Done By Other Contractors

The following works are not included in the elevator contract, and shall be done by other contractors in accordance with the Hyundai Elevator's drawings and the applicable codes and regulations.

The reference rules shown are from Code ANSI.

### Building Work

#### Hoistway

1. Clear, plumb hoistway with fire resistant hatch walls as required by the applicable code. (Rule 100.1a)
2. 75° bevel guards on all projections, recesses, or setbacks over 50mm except on side used for loading or unloading. (Rule 100.6)
3. Venting of the hoistway as required by the applicable code or responsible authority. (Rule 100.4)
4. Supports for rail brackets at each floor, roof, and machine room. (Rule 200.9)  
Maximum allowable vertical spacing of rail supports without backing. (Rule 200.4 and 301.1) Divider beams 100mm between hoistway at each floor and roof, for guide rail bracket supports. (Rule 200.4, 200.9 and 301.1)
5. Recesses supports and patching as required to accommodate hall button boxes, signal fixtures, etc.
6. All barricades either outside elevator hoistways or between inside hoistways as required.
7. Dry pit reinforced to sustain normal vertical forces from rails and buffers. (Rule 106.1b and 109) Consult Hyundai Elevator Company for rail forces and buffer impacts. Where there is space below the pit floor that can be occupied, consult Hyundai Elevator Company for special requirements. (Rule 300.4) Cylinder hole, casings under the pit as required, and backfilling around the cylinder casings when direct plunger type is to be installed.
8. Where access to the pit is by means of the lowest hoistway entrance, vertical iron ladder extending 1060mm minimum above sill of access door. (Rule 106.1d)
9. Entrance walls and finished floor are not to be constructed until after door frames and sills are in place. Door frames are to be anchored to walls and properly grouted in place to maintain legal fire rating.
10. For application as indoor or outdoor observation elevator, a glass enclosure of at least 3.6m in height at the bottom landing is recommended for safety. For use as an outdoor observation elevator, a full-height glass enclosure is required.

#### Machine Room

11. Enclosed and protected machine room. (Rule 101.1)
12. Access to the machine room and machinery space as required by the applicable code or responsible authority. (Rule 101.3)
13. Reinforced concrete machine room floor slab or grating, as specified, which must not be placed over the hoistway until elevator machinery is set in position. (Rule 100.3 for Traction Elevator)  
Clear access above ceiling or trench in floor, for oil line and wiring duct from machine room, if machine room is remote from elevator hoistway. (For Hydraulic Elevator) Cutout through machine room wall, for oil line and wiring duct as required by Hyundai Elevator's shop drawings. (For Hydraulic Elevator)
14. Hoisting beams, trap doors, and other means of access to machine room for maintenance and equipment removal purposes. (Rule 101.3d)
15. Cable guards in the machine room or secondary level. (Rule 104.1)
16. Supports for machine and sheave beams and reactions including wall pockets and patching after beams are set in place. (Rule 105.1 to 105.5)

### Electrical Work

#### Hoistway

1. Light outlet for each elevator, in center of hoistway (or in machine room) as indicated by Hyundai Elevator Company.
2. Convenience outlet and light fixture in pit with switch located adjacent to the access door. (Rule 106.1e)
3. Wiring and piping work of emergency bell, interphone, etc. Outside the hoistway and the machine room.

#### Machine Room

4. Lighting, convenience outlets, ventilation, heating of machine room, and machinery space. (Rule 101.5)
5. Temperature should be maintained below 40° by a ventilating fan and/or air conditioner, if necessary, and humidity below 90%.
6. A fused disconnect switch or circuit breaker for each elevator and light switch located per the applicable code and where practicable located adjacent to the door of the machine room. (Rule 210.5 and 306.7)
7. Feeder and branch wiring to the controller, including main-line switch and convenience outlets.
8. Suitable power feeder and branch wiring circuits as required for elevators with power-operated doors, including disconnect switch or circuit breaker.

### Emergency Provisions

9. Elevator fireman's and other emergency services wiring and interconnections to automatic sprinkler systems or heat and smoke sensing devices furnished by others and installed to terminal points on the elevator controllers.
10. When emergency power operation of elevators is required, the electrical contractor should coordinate with Hyundai Elevator Company or local distributor for operation requirements.
11. Elevator fireman's and other emergency service requirements may differ from each country. Consult Hyundai Elevator Company or local distributor for other local requirements.
12. When provisions for earthquake protection are required, consult Hyundai Elevator Company for special requirements.

### Heat Emission of Machine Room

$$Q(\text{Kcal/H}) = W \times V \times F \times N$$

W: Capacity (kg) V: Speed (m/sec)

F: Factor (1/40: VVVF) N: Number of cars

Note: The dimension in ( ) is applied for 2m/sec and over.



# JENKA Lifting System

For safe and efficient lifting of precast concrete elements

Version: **Peikko Group 04/2016**



## 1.2 JENKA short inserts

The JENKA Short Inserts, WAS, BSA and PSA, are used in applications where only limited anchoring depth is present, such as slabs. They are not intended for tilting up processes and the load angle is limited to 45°. This section describes the product properties of JENKA Short Inserts. Peikko's standard products are always delivered galvanized with Peikko Rd thread, which enables full compatibility with M thread. All dimensions given in this section are valid for all finishes and both Rd and M threaded items equally.

**JRd30:** JENKA Lifting Insert specialized Rd30 thread (standard item)

**JM30:** JENKA Lifting Insert metric M30 thread (available up on request)

### 1.2.1 Dimensions

JENKA Short Inserts are available in the standard lengths shown in *Figure 20* and *Table 15*. Inserts with customized lengths for special purposes are available upon request.

*Figure 20. WAS, BSA and PSA insert types.*

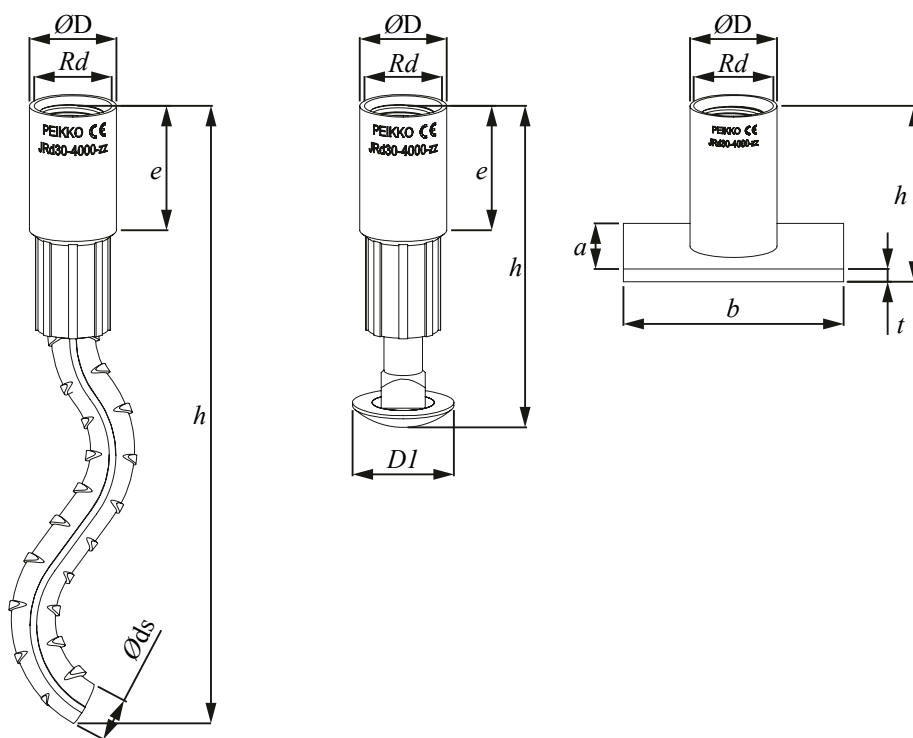
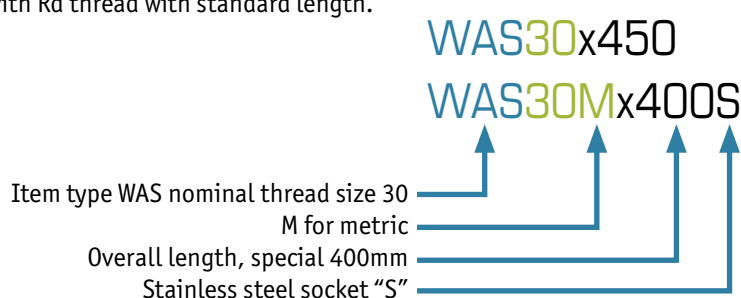


Table 15. Dimensions of WAS/BSA/PSA inserts.

Item No. JRd/JM	Dimensions							WAS h [mm]	BSA h [mm]	PSA h [mm]
	Rd/M [mm]	ØD [mm]	e [mm]	Øds [mm]	ØD1 [mm]	a x b [mm]	t [mm]			
12	12	15.0	22	8	20	25x35	4	150	60	30
14	14	18.0	25	10	24	35x35	4	155	70	33
16	16	21.0	27	12	30	35x50	4	175	80	35
18	18	24.0	34	14	38	45x60	5	225	90	44
20	20	27.0	35	14	38	60x60	5	250	100	47
24	24	31.0	43	16	46	60x80	5	275	115	54
30	30	40.0	56	20	46	80x100	6	350	150	72
36	36	47.0	68	25		100x130	6	450		84
42	42	54.0	80	28		130x130	8	500		98
52	52	67.0	100			130x150	10			117

Ordering example for Peikko JENKA WAS Inserts.

Item type with Rd thread with standard length.



#### PLEASE NOTE:

Selecting items such as WAS30 or WAS30x350 defines same product because standard length will be selected when no other information is added. For customized lengths please use the following code: WAS30xL (L in mm). The method can also be applied to BSA or PSA inserts.

### 1.2.2 Weights of system components

Component weights are given in Table 16. This information is valid for Rd and M threaded products and for electro galvanized, black, or stainless steel finishes. These Tables only take into account standard product dimensions.

Table 16. Weight of JENKA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	WAS	BSA	PSA
	[kg/pcs]		
12	0.1	0.1	0.1
14	0.1	0.1	0.1
16	0.2	0.1	0.1
18	0.3	0.2	0.2
20	0.4	0.3	0.3

Item No. JRd/JM	WAS	BSA	PSA
	[kg/pcs]		
24	0.6	0.4	0.4
30	1.2	0.7	0.7
36	2.0		1.2
42	3.1		1.8
52			2.9

## 1.2.3 Safe working loads for JENKA Short Inserts

The resistance of the JENKA Lifting System is determined by a design concept that makes reference to the following standards and regulations.

EN1992-1-1:2011  
Machinery directive 2006/42/EC  
VDI/BV-BS6205:2012

The load capacities depend very much on how and in which combination the items will be used. For short JENKA Lifting Inserts, all JENKA Lifting Keys (TLL, JL, JLW) can be used at an angle  $\beta$  of 0–45°.

The safe working load capacities (SWL) are based upon specific dimensions and edge distances as given in the following sections. Before selecting an insert, take note of the design assumptions in this manual. **The minimum compressive strength of the concrete at the moment of load application is 15 MPa.**

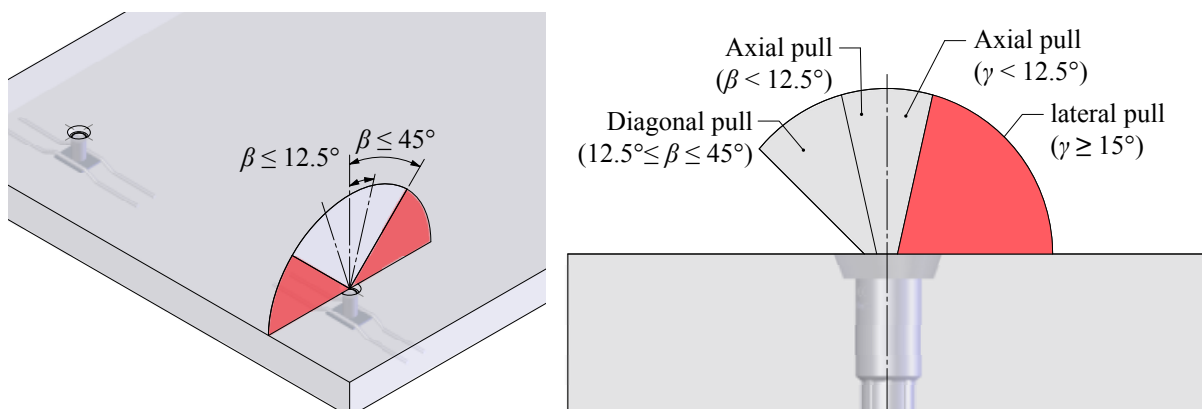


Table 17 shows the safe working load levels of JENKA Short Inserts. Select inserts that are suitable for the planned load directions. Figure 21 illustrates the load directions related to this table.

Table 17. Safe working load (SWL) for JENKA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	Load Class	WAS SWL for $\beta$ 0–45° [kN]	BSA SWL for $\beta$ 0–45° [kN]	PSA SWL for $\beta$ 0–45°		
				at 15 MPa [kN]	at 20 MPa [kN]	at 25 MPa [kN]
12	500	5	5	5	5	5
14	800	8	8	8	8	8
16	1200	12	12	10	12	12
18	1600	16	16	14.2	16	16
20	2000	20	20	18.3	20	20
24	2500	25	25	25	25	25
30	4000	40	40	40	40	40
36	6300	63		63	63	63
42	8000	80		80	78	80
52	12500			95	110	125

Figure 21. Load directions for JENKA Short Inserts.



**PLEASE NOTE:**

Diagonal pull between 12.5° and 45° is only permitted with additional reinforcement in accordance with the following section.

### 1.2.4 Unit geometry and spacing

The use of Peikko Lifting systems requires a specific element geometry. The load capacities given in this section of the manual are based on specific dimensions and edge and axial distances. The safety factors can only be ensured as described if the geometric specifications are complied with. Peikko's engineering service offers customized solutions to make special applications possible.

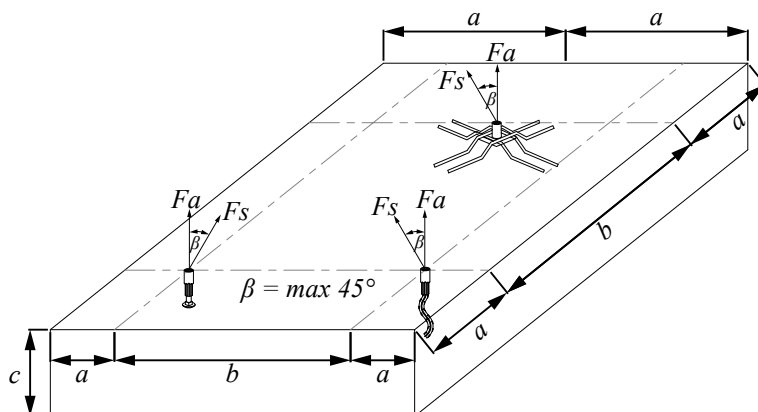
Before selecting and installing an insert, consider the general information in the previous sections of this manual. The required part geometry specification for JENKA Long Inserts differs from that for short inserts. The two types cannot replace each other or be applied in the same way unless the geometric requirements are complied with.

JENKA Short Inserts are commonly used in thin, flat elements with limited anchorage depth. With this insert type, most of the anchor loads are transferred over the width of the element. In many cases, capacities are limited by the element thickness  $c$  due to slab bending during lifting. The minimum element thickness and minimum edge and axial distances for respective insert types are shown in *Table 18*. *Figure 22* visualizes the requirements.

*Table 18. Minimum unit geometry for JENKA Short Inserts.*

Item No. JRd/JM	WAS			BSA			PSA		
	$b$ [mm]	$a$ [mm]	$c$ [mm]	$b$ [mm]	$a$ [mm]	$c$ [mm]	$b$ [mm]	$a$ [mm]	$c$ [mm]
12	200	95	140	360	180	80	350	180	70
14	200	115	160	420	210	90	350	180	80
16	260	135	190	180	240	100	500	250	85
18	300	155	210	540	270	110	600	300	95
20	350	170	215	600	300	120	600	300	100
24	440	220	270	690	345	135	800	400	115
30	550	275	335	900	450	170	1000	500	140
36	600	300	420				1300	650	160
42	800	400	480				1300	650	175
52							1500	750	215

Figure 22. JENKA Short Inserts geometry requirements.



### PLEASE NOTE:

The geometry specification requires that installation is within the tolerances defined in section 2.

### 1.2.5 Reinforcement for JENKA Short Inserts

The use of lifting systems requires a minimum level of reinforcement in the concrete elements. The reinforcement that is defined by structural design can be considered by taking into account the existing cross section. The required reinforcement level can be attained using single reinforcing bars or wire mesh with an equivalent or greater cross section ( $\text{mm}^2/\text{m}$  or  $\text{cm}^2/\text{m}$ ). If the designed reinforcement must be removed or cut to install the JENKA Lifting Insert, this area must be repaired by adding a similar cross section of reinforcement (single bars or wire mesh) with sufficient overlapping length.



### WARNING:

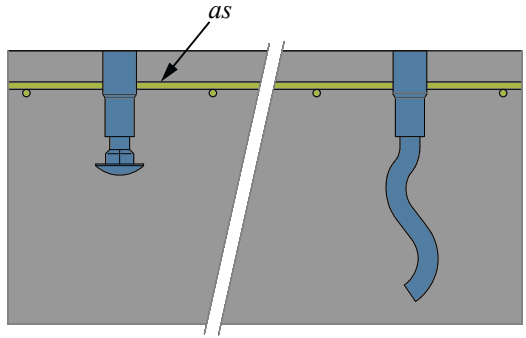
Always check that sufficient reinforcement is designed and installed. Too little reinforcement can result in severe accidents and collapsing elements.

The reinforcement described in this section supports only the load impact of the lifting system on the concrete element. The structural designer must bear in mind that the element may bend as a result of the transportation process. Additional reinforcement may be needed to prevent the element from cracking. This must be defined separately. Surface reinforcement ( $\text{mm}^2/\text{m}$ ) must be considered and installed cross-wise for each element direction.

JENKA Short Inserts require only a top surface that must have a reinforcement layer. *Table 19* and *Table 20* show the required reinforcement level.

*Table 19. Reinforcement for JENKA BSA and WAS Short Inserts.*

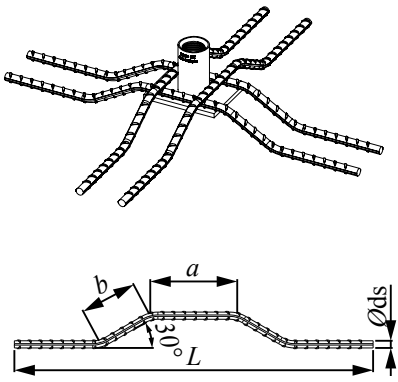
Item No. JRd/JM	BSA	WAS
	Surface reinforcement [#mm <sup>2</sup> /m]	Surface reinforcement [#mm <sup>2</sup> /m]
12	131	131
14	131	131
16	131	131
18	188	188
20	188	188
24	188	188
30	188	188
36		188
42		188



The PSA insert type is designed to fit into very flat and slim elements. For this reason, the insert requires anchoring bars in addition to surface reinforcement. The anchoring bars must run in pressure contact with the base steel plate. *Table 20* illustrates the installation and detailed dimensions of anchoring bars.

*Table 20. Reinforcement for JENKA PSA Short Inserts.*

Item No. JRd/JM	PSA surface Reinforcement [mm <sup>2</sup> /m]	Amount [pcs.]	Anchoring bars for PSA			
			$\varnothing_{ds}$ [mm]	$L$ [mm]	$a$ [mm]	$b$ [mm]
12	131	2	6	250	60	60
14	131	2	6	360	60	70
16	131	2	8	420	90	70
18	188	2	8	530	90	80
20	188	2	8	640	90	80
24	188	4	10	640	90	100
30	221	4	12	830	90	110
36	221	4	14	1140	140	120
42	513	4	16	1250	140	120
52	513	4	20	1530	140	150





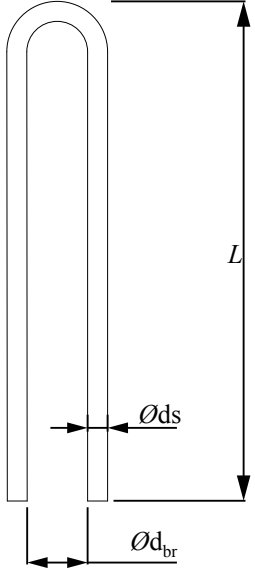
## 1.2.6 Types and geometry of additional reinforcement

### Reinforcement for diagonal pull (from 12.5° to 45°)

Diagonal pull on the inserts requires special reinforcement around the socket to support the insert. This reinforcement must always have direct pressure contact with the socket. This can either be achieved by wire fixing or by using Peikko DSH item which enables double sided curved fixing for the additional rebar. A smaller diameter for the rebar can be used for limitations up to a maximum of 30°. Depending on the angle that must remain within 45°, the reinforcement is shown in *Table 21*.

Table 21. Diagonal rebar for all insert types.

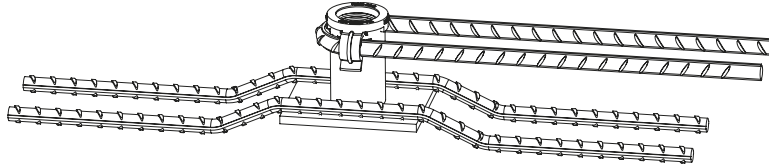
Item No. JRd/JM	For all insert types			
	12.5° ≤ β ≤ 45°		12.5° ≤ β ≤ 30°	
	Øds [mm]	L [mm]	Øds [mm]	L [mm]
12	6	150	6	150
14	6	200	6	200
16	8	200	6	250
18	8	250	8	200
20	8	300	8	250
24	10	300	8	300
30	12	400	10	350
36	14	550	12	450
42	16	600	14	600
52	20	750	16	700



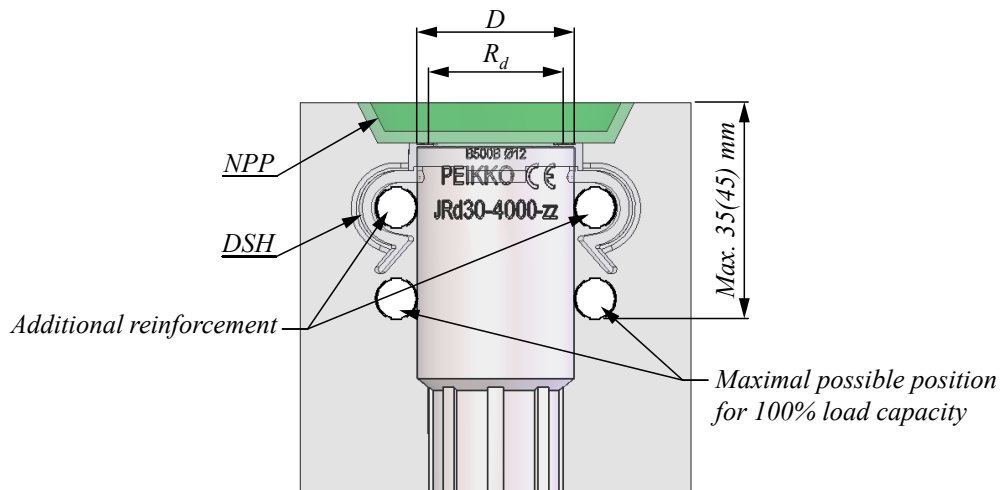
The recommendation for the bending diameter of the diagonal rebar " $d_{br}$ " is the outer diameter of the insert socket. This ensures a precise finish and limits the possibility of installation errors. As an alternative, a sufficiently large bending diameter according to EN1992-1-1:2011 can be implemented so that the rebar encloses the socket.

The diagonal pull rebar must be installed at an angle of approximately 20° as demonstrated in *Figure 23* and *Figure 24*.

*Figure 23. Installation for JENKA Short Inserts.*



*Figure 24. Installation tolerances.*



### 1.3 JENKA Lifting keys

#### 1.3.1 Dimensions

JENKA Lifting Keys are used to attach the crane hook, lifting slings, or chains to the JENKA Lifting Insert, which is cast into the concrete element. Different JENKA Lifting Keys are designed for different load directions. JENKA Lifting Keys can be used with all of the JENKA Lifting System's insert types. Information on the dimensions of standard items is shown in Figure 25 and Table 22. Peikko's standard products are always delivered with Peikko Rd thread. Lifters with Rd thread do not fit into inserts with M thread. The length of TLL and JLW can be customized with wire length  $h$  upon request. All threaded JENKA Lifting Keys must be screwed into the insert with full length of the thread.

Figure 25. TLL, JL and JLW JENKA Lifting Keys.

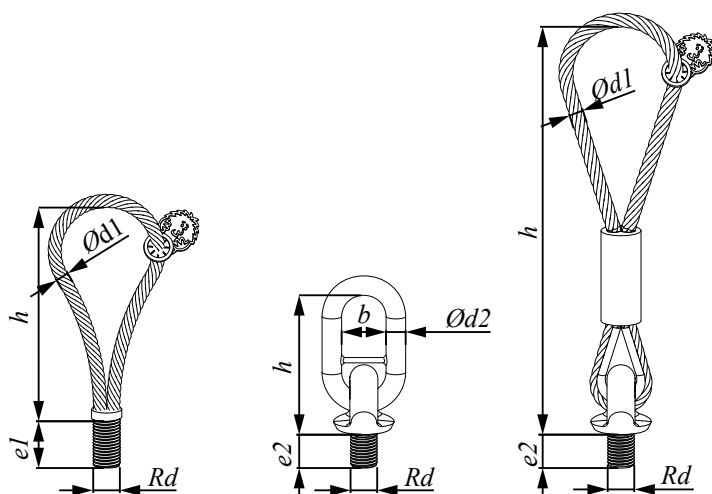
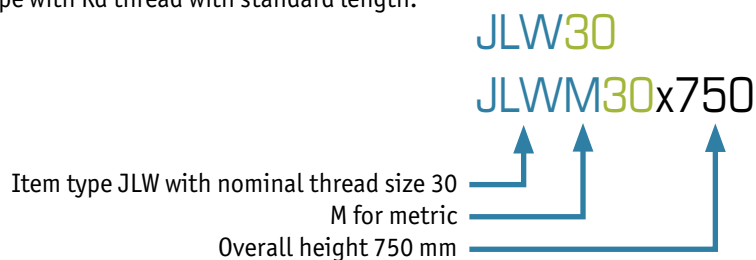


Table 22. Dimensions of JENKA lifting keys.

Item No. JRd/JM	Dimensions						TLL	JL	JLW	TLL, JL, JLW SWL for $\beta$ 0-45°	JL, JLW SWL for $\gamma$ of 90°
	Rd/M [mm]	$\varnothing d1$ [mm]	$\varnothing d2$ [mm]	$e1$ [mm]	$e2$ [mm]	B [mm]	$h$ [mm]	$h$ [mm]	$h$ [mm]	[kN]	[kN]
12	12	6	13	22	19	50	133	137	205	5	2.5
14	14	7	13	25	21	50	130	137	320	8	4.0
16	16	8	13	27	24	50	138	137	335	12	6.0
18	18	9	16	34	27	50	156	146	370	16	8.0
20	20	10	16	35	29	50	180	146	385	20	10.0
24	24	12	16	43	35	50	212	146	410	25	12.5
30	30	16	22	55	43	50	245	155	475	40	20.0
36	36	18	22	67	52	50	293	155	525	63	31.5
42	42	20	26	75	60	65	350	192	615	80	40.0
52	52	26	26	95	73	65	435	192	710	125	62.5

Order example for Peikko JENKA JLW lifting key.

Item type with Rd thread with standard length.



#### PLEASE NOTE:

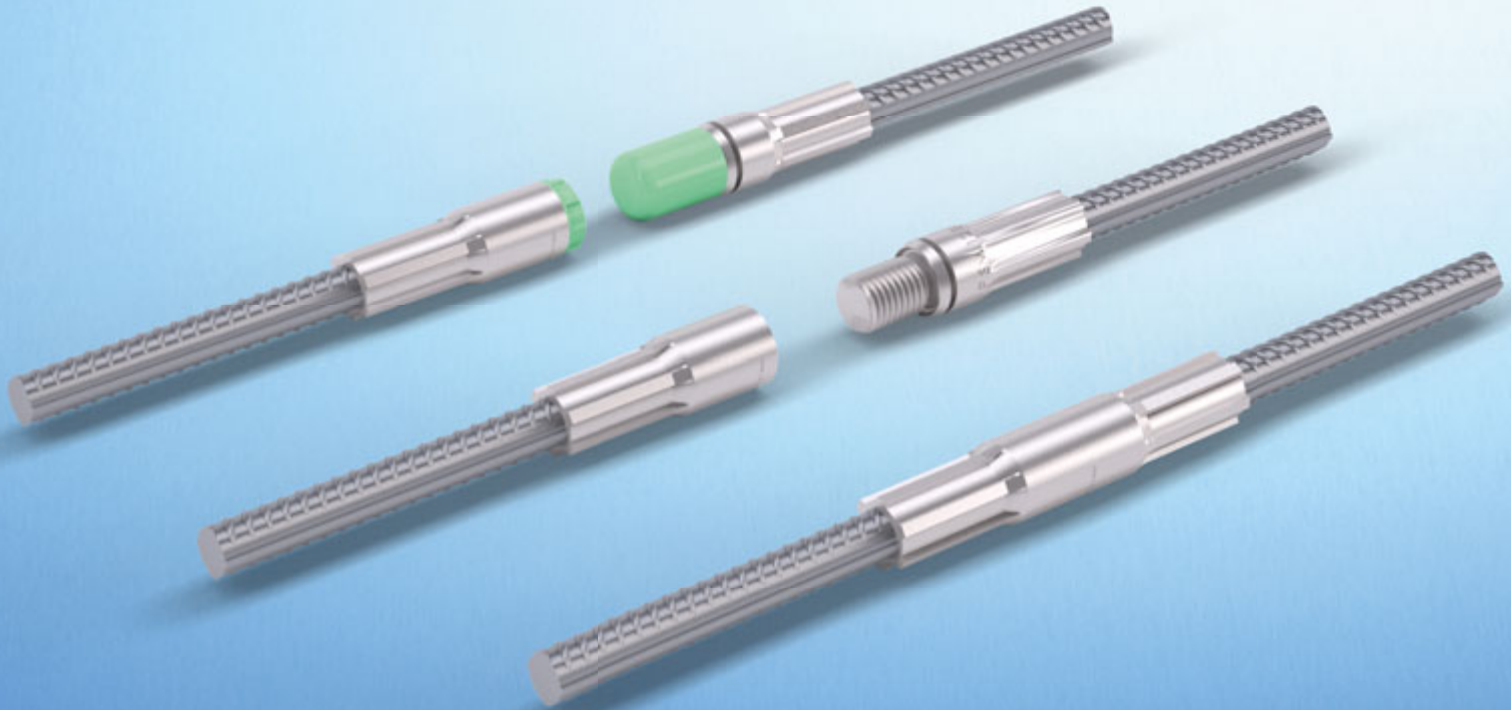
Selecting items such as JLW30 or JLW30x475 defines same product because a standard length will be selected when no other information is added. For customized lengths please use following code: JLW30xh (h in mm). This also applies to TLL loops.

### 1.3.2 Weights of system components

Component weights are given in *Table 23*. This information is valid for both Rd and M threaded products with electro galvanized or black finishes. This table considers only the standard product dimensions.

*Table 23. Weight of JENKA Lifting Keys.*

Item No. JRd/JM	TLL	JL [kg/pcs]	JLW
12	0.1	0.5	0.3
14	0.1	0.5	0.5
16	0.2	0.5	0.5
18	0.2	1.0	0.9
20	0.3	1.0	1.1
24	0.5	1.0	1.4
30	0.9	2.4	3.0
36	1.5	2.5	3.8
42	2.1	4.8	6.3
52	4.6	5.2	10.2



# MODIX Rebar Couplers

Safe and flexible rebar splicing system

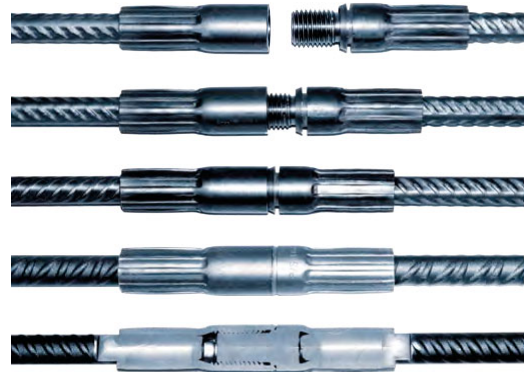
Version: Peikko Group 01/2016



# MODIX Rebar Couplers

Safe and flexible rebar splicing system

- Reduces congestion of reinforcement by eliminating lap splicing
- Simplifies construction of reinforced concrete structures
- Wide range of connections with a small number of coupler types
- Quick and easy assembly with simple tools
- Safe and time-saving assembly control
- High production speed



MODIX Rebar Couplers are building products used to create mechanical connections between ribbed reinforcement bars in cast-in-situ and precast concrete structures. MODIX consists of prefabricated female and male muffs with M-threads, which are pressed onto the reinforcement bars. This system provides high production speed with reliable quality. A unique visual inspection system makes the assembly process fast and safe.

MODIX Rebar Couplers transfer the full resistance of reinforcement bars for compressive and tensile forces in connections with straight and bent reinforcement bars of the same and different diameters, also enabling the rebar to be attached to a steel profile and to form an end anchor. MODIX is available for rebar diameters of 10 mm to 40 mm.



System approved by

**VTT DIBt KOMO ÉMI ITB**


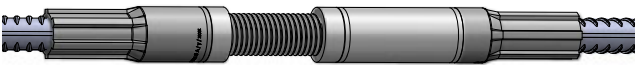
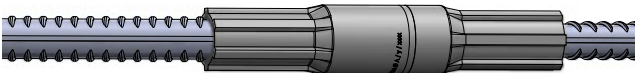
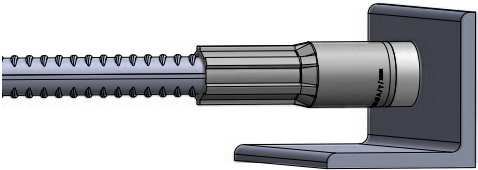
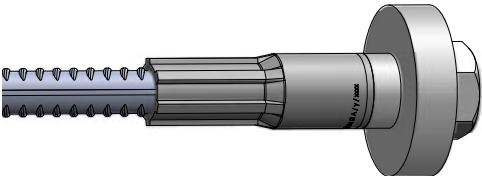
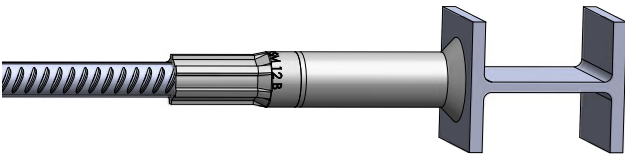
A list of national product approvals is available on Peikko's website: [www.peikko.com](http://www.peikko.com)

## 1. PRODUCT PROPERTIES

MODIX Rebar Couplers are used to create threaded connections between reinforcement bars. MODIX consists of a threaded coupler swaged onto a hot-rolled ribbed reinforcement bar with a diameter of 10mm to 40mm. MODIX is typically used to:

- Create continuity of reinforcement in concrete elements
- Fix end anchors to the reinforcement bar
- Fix the reinforcement bar to a steel profile

Variants of MODIX are shown in the table below:

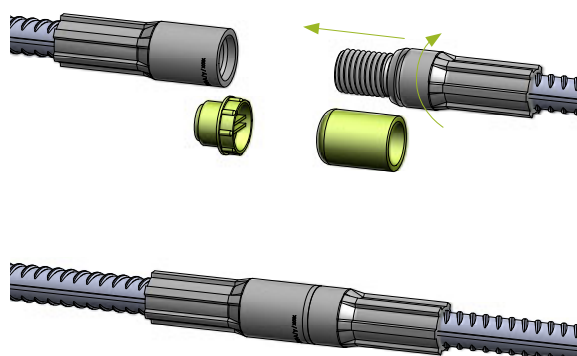
<b>MODIX SM Standard Coupler</b>		<p>Threaded coupler system for connecting reinforcing bars with the same diameters.</p>
<b>MODIX PM Position Coupler</b>		<p>Threaded coupler system for bars that cannot be turned and moved in an axial direction, such as tapered columns with connecting bars bent at right angles.</p>
<b>MODIX RM Reduction Coupler</b>		<p>Threaded coupler system for connecting bars with different diameters.</p>
<b>MODIX KM Combination Coupler</b>		<p>Threaded coupler system for use as a combination coupler to connect a reinforcement bar and a metric screw.</p>
<b>MODIX EM End anchor Coupler</b>		<p>Threaded coupler system for use as an end-anchor coupler including a standard screw and end-plate.</p>
<b>MODIX AM Welded-to Coupler</b>		<p>Threaded coupler system for use as a weld-to coupler for connecting reinforcement bars and steel construction elements.</p>



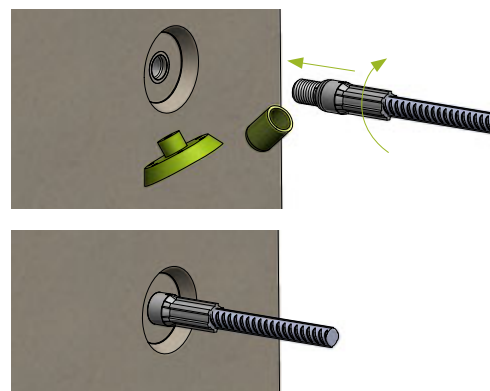
The unique visual inspection system allows MODIX connections to be installed without using special tools such as torque wrenches. MODIX connections allow all reinforcement in the concrete element to be connected in one cross section without using additional transverse reinforcement bars. This helps to avoid congestion of reinforcement in the concrete element. All in all, the optimized labor and material costs associated with using MODIX make it a competitive solution compared to traditional techniques for connecting reinforcement bars (lap splicing, welding). MODIX Rebar Couplers can be connected inside concrete elements (*Figure 1a*), on the surface of concrete elements (*Figure 1b*), or as a protruding bar solution (*Figure 1c*).

*Figure 1.*

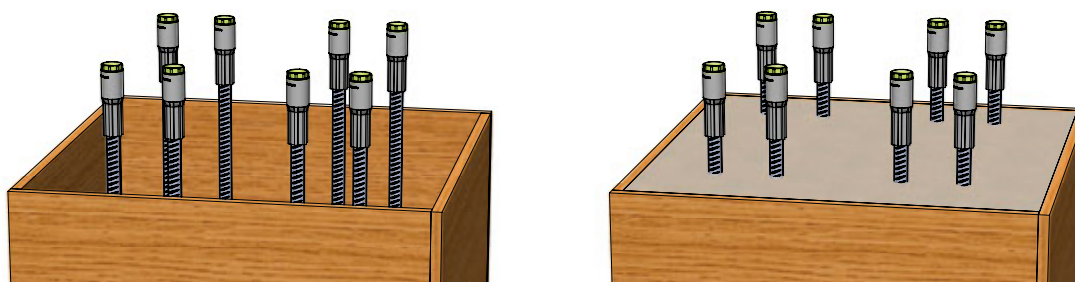
*a) MODIX connected inside concrete elements MODIX connected on the surface of the element.*



*b) attached to formwork.*



*c) protruding bar solution.*



## 1.1 Structural behavior

MODIX Rebar Couplers are designed to provide slip-free bolted connections between reinforcement bars with a tensile/compressive resistance corresponding to the resistance of the connected reinforcement bar. MODIX Rebar Couplers can be seen in the same way as unspliced continuous reinforcement bars.

## 1.2 Application conditions

MODIX Rebar Couplers are pre-designed for use under the conditions mentioned in this chapter. If these conditions may not be satisfied, please contact the Customer Engineering Service for custom-designed MODIX Rebar Coupler solution.



### 1.2.1 Loading and environmental conditions

MODIX Rebar Couplers are designed, tested and approved to carry static loads, dynamic loads, and impact loads. The couplers are made from carbon steel and can be exposed to the same environmental effects as ordinary reinforcement bars. These properties enable MODIX Rebar Couplers to be used in following types of structures:

- Public and commercial buildings
- Residential buildings
- Industrial buildings and structures
- Infrastructure (bridges and tunnels)
- Nuclear power plants

The minimum thickness of concrete cover and spacing between MODIX Rebar Couplers must be adequate according to the environmental exposure class and intended operating life.

### 1.2.2 Execution of the connection

The properties of MODIX connections are conditioned by proper tightening of the system in accordance with the installation instructions.

## 1.3 Other properties

The material properties of parts of the MODIX system have the following properties:

<b>MODIX Rebar Couplers</b>	S355 EN 10025-2
<b>Reinforcement bars</b>	Hot-rolled ribbed bars with characteristic yield strength of $f_{yk} = 450 - 550$ MPa (for example B450B, B500B and B550B according EN 10080)

Peikko Group's production units are externally controlled and periodically audited on the basis of production certifications and product approvals by various organizations, including Inspecta Certification, VTT Expert Services, Nordcert, SLV, TSUS, MPA NRW, ÉMI, KOMO, SPSC and AFCAB.

For traceability purposes, the products bear producer identification markings – the batch number, including the type of product and number of the steel partner.

MODIX Rebar Couplers are under continuous quality control, which includes permanent visual and dimensional control and regular tensile and fatigue testing by third parties.

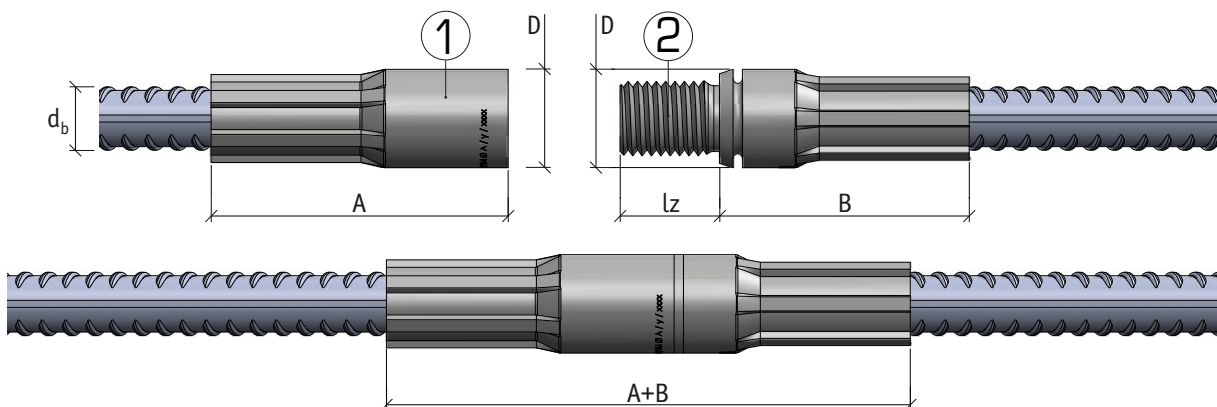
## MODIX® SM (Standard Coupler)

- For connecting bars with the same diameter
- At least one bar can be moved axially and rotated

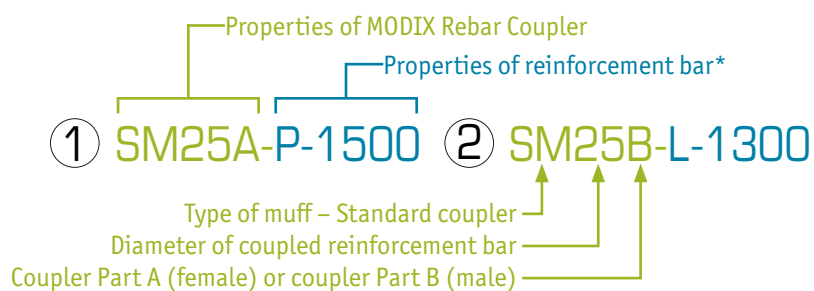


Coupler type	Bar Ø d <sub>b</sub> [mm]	Coupler Ø D [mm]	Length Part A [mm]	Length Part B [mm]	Parts A+B fitted together [mm]	ISO metric thread M	Thread length l <sub>z</sub> [mm]	Color of thread protector	
SM10	10	17.5	52	46	96	M 12 x 1.75	16.0	Orange	Orange
SM12	12	21.0	63	52	113	M 16 x 2	21.2	Yellow	Yellow
SM14	14	24.0	72	57	127	M 18 x 2.5	24.8	Blue	Blue
SM16	16	27.0	80	63	141	M 20 x 2.5	27.5	White	White
SM20	20	33.0	98	77	173	M 24 x 3	31.6	Gray	Gray
SM25	25	41.0	122	98	218	M 30 x 3.5	39.0	Red	Red
SM28	28	47.0	141	111	250	M 36 x 4	46.0	Black	Black
SM32	32	53.0	156	124	278	M 42 x 4.5	53.5	Brown	Brown
SM40	40	63.5	163	136	297	M 48 x 5.0	61.7	Green	Green

- Part A and Part B can be ordered separately.



Example of a product code:



\*Detailed explanations of the properties of reinforcement bars are described in Annex A

### Application

MODIX SM Standard Couplers are used as regular connections for reinforcement bars with the same diameters with full tension and compression capacity.

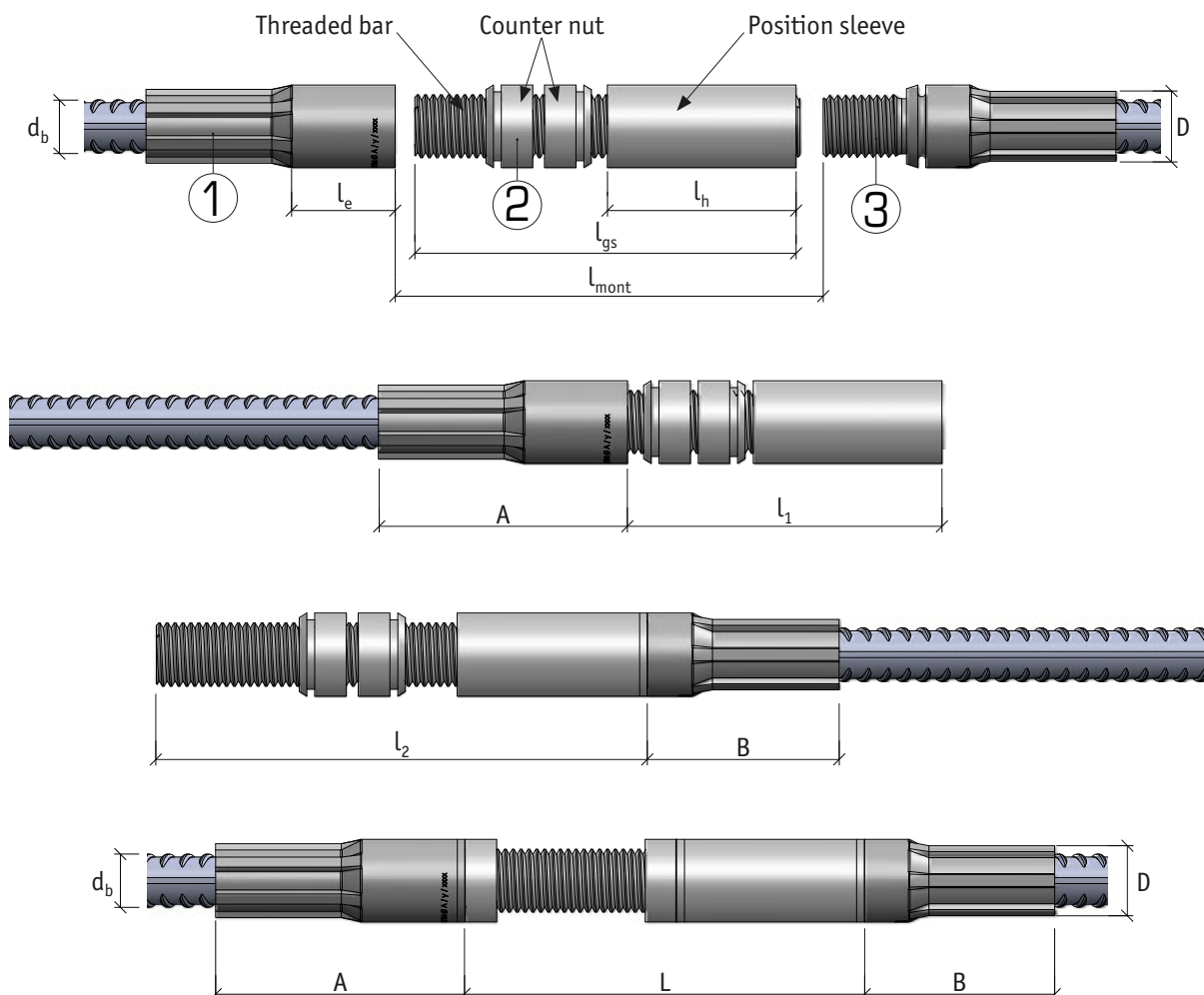


## MODIX® PM (Position Coupler)

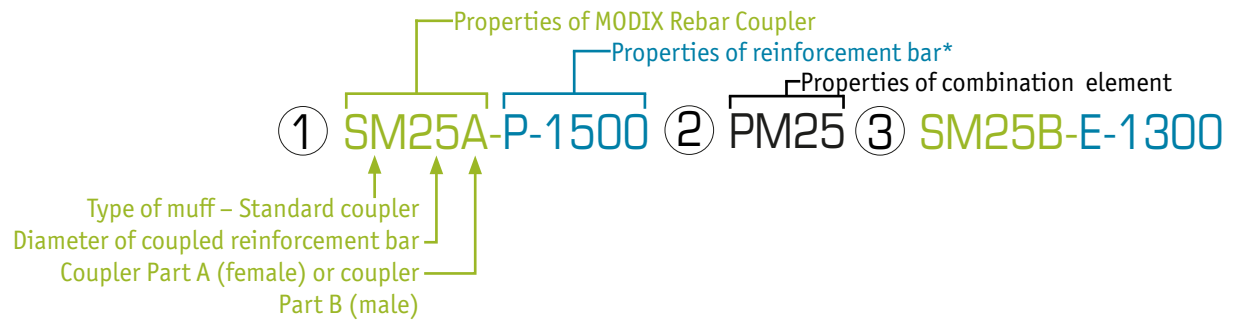
- For connecting straight or bent bars
- None of the bars can move axially or rotate



Coupler type	Bar $\varnothing d_b$ [mm]	Coupler $\varnothing D$ [mm]	Length Part A [mm]	Thread length Part A $l_e$	Length $l_1$	Length $l_2$	Length of position sleeve $l_h$	Length threaded bar $l_{gs}$	Max. free spacing $l_{mont}$	Length L	ISO metric thread $M$	Color of thread protector
PM10	10	17.5	52	21	58	95	37	79	59	74	M 12 x 1.75	Orange
PM12	12	21.0	63	26	72	119	48	98	73	93	M 16 x 2	Yellow
PM14	14	24.0	72	30	81	135	55	111	82	105	M 18 x 2.5	Blue
PM16	16	27.0	80	33	88	148	61	121	89	115	M 20 x 2.5	White
PM20	20	33.0	98	37	99	167	69	136	100	130	M 24 x 3	Gray
PM25	25	41.0	122	44	117	200	83	161	118	156	M 30 x 3.5	Red
PM28	28	47.0	141	51	136	233	97	187	137	182	M 36 x 4	Black
PM32	32	53.0	156	59	155	267	112	214	156	208	M 42 x 4.5	Brown
PM40	40	63.5	163	65	175	301	127	240	173	234	M 48 x 5.0	Green



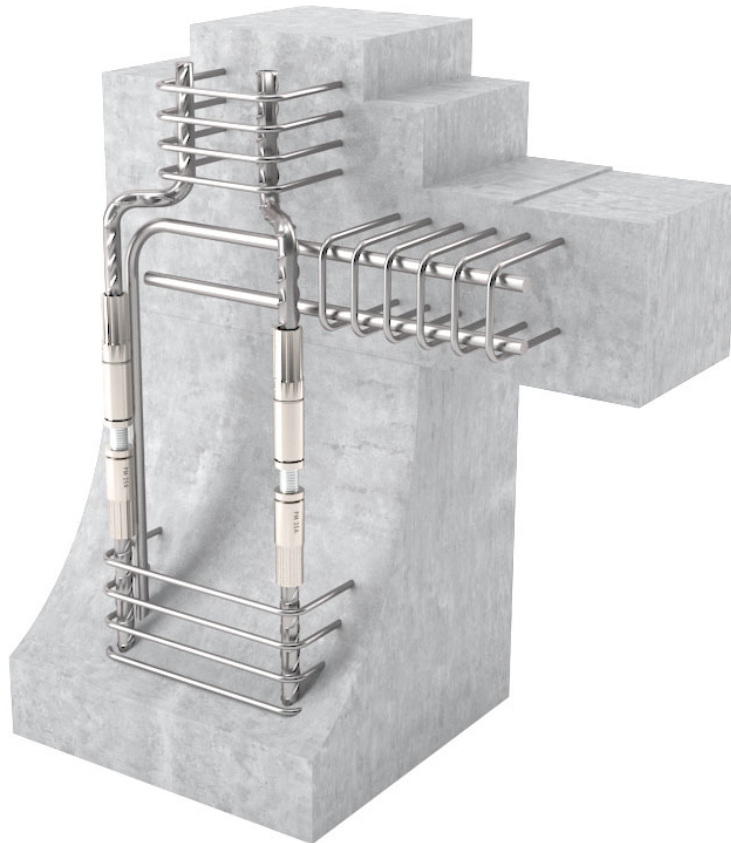
Example of a product code:



\*Properties of reinforcement bars are described in detail in Annex A.

### Application

MODIX PM Position Couplers are used when none of the bars can rotate or move (such as connections of bent bars or connections of two precast elements).

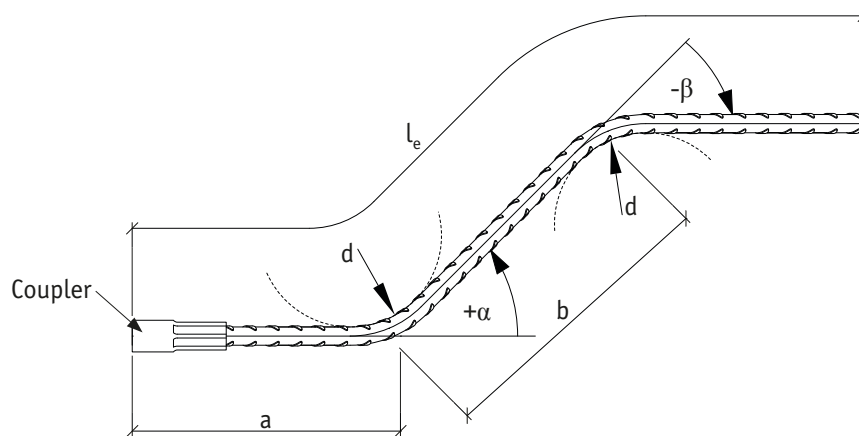
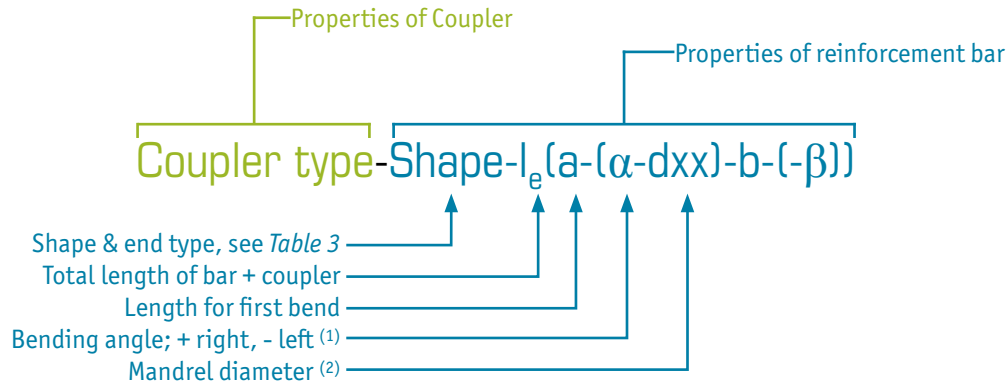


## Annex A – Shape of reinforcement bars

Reinforcement bars connected with MODIX may be processed to the forms specified in *Table 3*. The geometry of the reinforcement bar must be specified in the product code or product shape list (*Table 2*) following the instructions below.

### General product code principles

Single-sided:

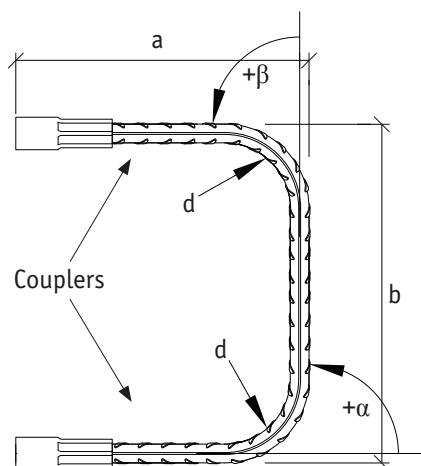
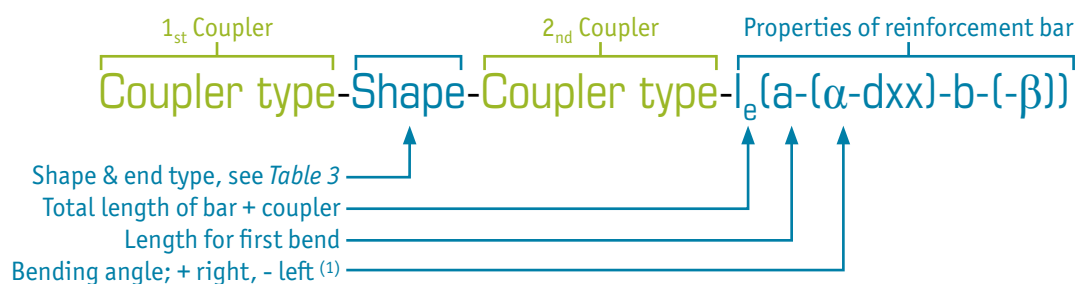


**Example: SM25A-P26-1200(400-(45)-500-(-45))**

<sup>(1)</sup> The bending angle must be defined in shapes 15, 25, 26 according to *Table 3*. Shapes 12, 13, 21 have standard bending angle  $\Rightarrow 12, 21 = 90^\circ$ ;  $13 = 180^\circ$

<sup>(2)</sup> The mandrel diameter  $\varnothing$  m must be defined only if the value is differ from the minimum requirements of EN 1992-1-1 8.3.

Double-sided:



**Example : SM20A-D21-SM20A-1100(400-300)**

<sup>(1)</sup> The Bending angle must be defined in shapes 15, 25, 26 according to Table 3. Shapes 12, 13, 21 have standard bending angle  $\Rightarrow 12, 21 = 90^\circ$ ;  $13 = 180^\circ$

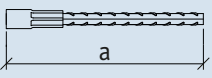
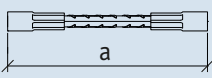
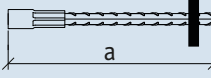
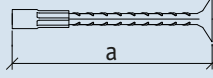
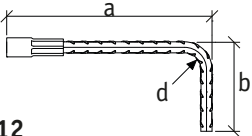
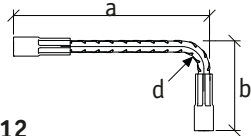
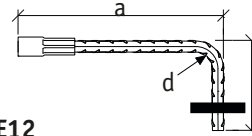
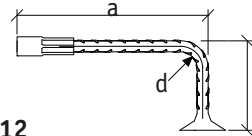
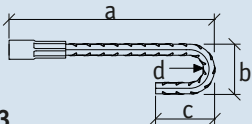
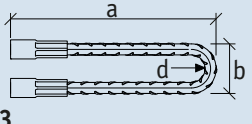
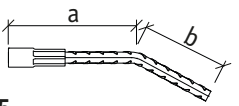
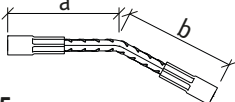
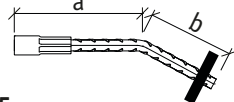
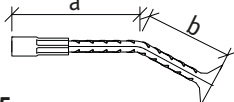
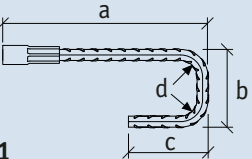
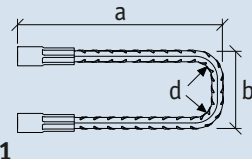
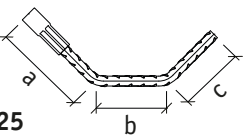
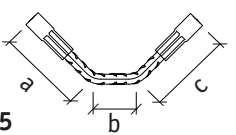
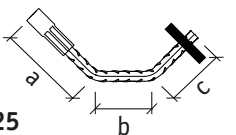
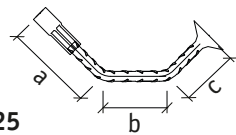
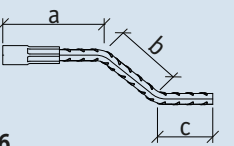
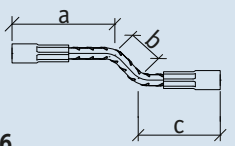
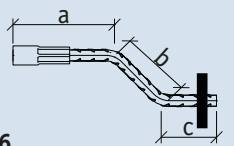
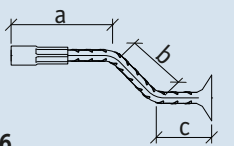
Table 2. MODIX Rebar Coupler list examples.

#	Pcs	MODIX		Bending shape + End type	Reinforcement bar			Dimensions					Notes <sup>(A)</sup>
		1 <sup>st</sup> end	2 <sup>nd</sup> end		Ø [mm]	Material	Standard	$l_e$ [mm]	a [mm]	b [mm]	$\alpha$ [mm]	$\beta$ [mm]	
1 <sup>(B)</sup>	38	SM25A	--	P26	25	B500B	EN 10080	1200	400	500	45	45	d200
2 <sup>(B)</sup>	5	SM20A	RM16A	D21	20	B500B	EN 10080	1100	400	300	90	90	--
3 <sup>(B)</sup>	30	SM 16A	--	E	16	B500B	EN 10080	800	--	--	--	--	10x50x50

<sup>(A)</sup> Additional information can be specified, e.g. if the required mandrel diameter  $\varnothing m$  differs from the standard values specified in Table 5 or custom dimensions of anchor plates are in group E

<sup>(B)</sup> Examples

Table 3. MODIX rebar Product shape list.

P – Straight end	D – Double sided	E – End plate	L – Headed stud
			
<b>P</b> <b>D</b> <b>E</b> <b>L</b>			
Total length calculation: $l_e = a$ Example of product code: SM25A-E-1200			
			
<b>P12</b>	<b>D12</b>	<b>E12</b>	<b>L12</b>
Total length calculation: $l_e = a + b - \frac{1}{4}d - d_b$ Example of product code: SM25A-P12-1200(500)			
			
<b>P13</b>	<b>D13</b>		
Total length calculation: $l_e = a + 0.57b + c - 1.57d_b$ or $l_e = 2a + 0.57b - 1.57d_b$ Example of product code: SM25A-D13-SM25A-1200(500-300)			
			
<b>P15</b>	<b>D15</b>	<b>E15</b>	<b>L15</b>
Total length calculation: $l_e = a + b$ Example of product code: SM25A-E15-1000(500-(-30))			
			
<b>P21</b>	<b>D21</b>		
Total length calculation: $l_e = a + b + c - \frac{1}{2}d - 2d_b$ Example of product code: SM25A-P21-1500(700-600)			
			
<b>P25</b>	<b>D25</b>	<b>E25</b>	<b>L25</b>
Total length calculation: $l_e = a + b + c$ Example of product code: SM25A-L25-1500(700-(-45)-600-(-45))			
			
<b>P26</b>	<b>D26</b>	<b>E26</b>	<b>L26</b>
Total length calculation: $l_e = a + b + c$ Example of product code: SM25A-L26-1500(700-(-45)-600-(-45))			

## NOTES

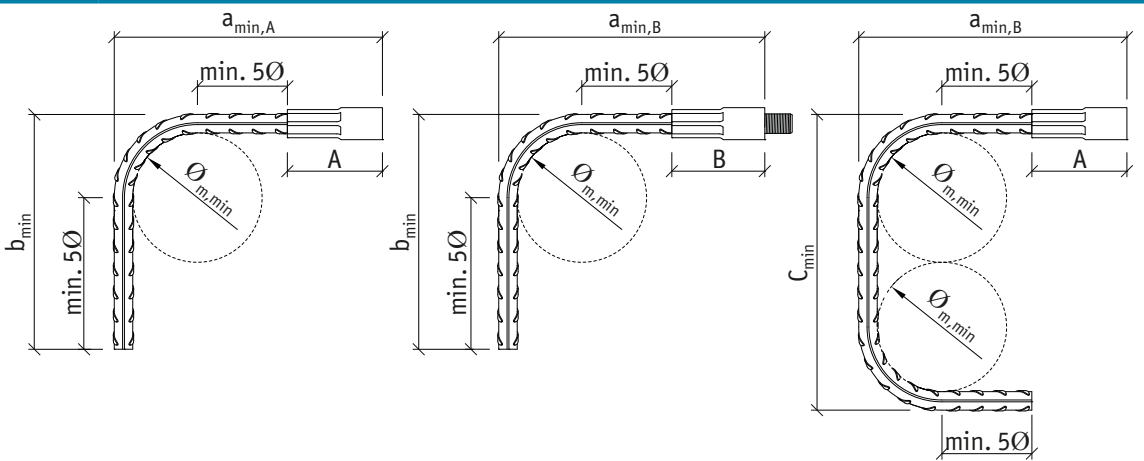
1. The letter in the code describes the MODIX rebar end type (P, D, E, L) and the numbers describe the rebar bending shape according to EN ISO 3766.
2. The product code of MODIX rebar with no bending does not contain a bending shape.
3. The standard end plate (default) dimensions are shown in *Table 4*. Customized end plates can be produced if all necessary dimensions are provided on the ordering list. For customized end plates, Peikko takes no responsibility for the end plate design.

*Table 4. Standard dimensions for anchor plates (E product shape) and anchor heads (L product shape).*

End plate – Product shape E		Anchor head – Product shape L								
Bar Ø	$d_b$ [mm]	10	12	14	16	20	25	28	32	40
<b>Product shape E (end plate)</b>										
Thickness of end plate	$t_p$ [mm]	10	12	15	20	20	25	30	35	40
Length of end plate	$a_p$ [mm]	40	45	50	55	70	90	100	115	140
Width of end plate	$b_p$ [mm]	40	45	50	55	70	90	100	115	140
<b>Product shape L (anchor head)</b>										
Diameter of anchor head	$D_h$ [mm]	30	36	42	48	60	75	84	96	98



Table 5. Minimum dimensions of bended reinforcement bar in mm.












Bar Ø	10	12	14	16	20	25	28	32	40
$\text{Ø}_{m,min}$	4Ø	4Ø	4Ø	4Ø	7Ø	7Ø	7Ø	7Ø	7Ø
$\text{Ø}_{m,min}$	40 mm	48 mm	56 mm	64 mm	140 mm	175 mm	196 mm	224 mm	280 mm
A	52	63	72	80	98	122	141	156	163
B	46	52	57	63	77	98	111	124	136
$a_{min,A}$	132	159	184	208	288	360	407	460	543
$a_{min,B}$	126	148	169	191	267	336	377	428	516
$b_{min}$	80	96	112	128	190	238	266	304	380
$c_{min}$	120	124	168	172	320	350	400	450	500

Minimum mandrel diameters  $\text{Ø}_{m,min}$  are according to EN 1992-1-1 chapter 8.3.

## Installation of MODIX Rebar Coupler

### Identification of the product

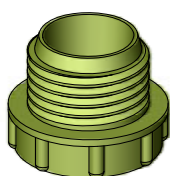
The type of MODIX Rebar Coupler can be identified by the marking on the product. Size of the Coupler can be identified also according to the color of the thread protection accessories. The color codes are shown in the table below.

Bar Ø [mm]	10	12	14	16	20	25	28	32	40
Color of thread protector	Orange	Yellow	Blue	White	Gray	Red	Black	Brown	Green
									

Thread protection accessories are installed at the MODIX production factory and delivered with couplers.



#### Screw-in protective plug



- Is screwed into coupler Part A
- Protects the thread from water, concrete, dust, and particles during the first pouring
- Is removed directly before fitting Part B or replaced by a nailing plate before being attached to the mold

#### Slip over protective cap



- Is slipped onto coupler Part B
- Protects the thread from water and dust during storage and transportation
- Is removed directly before assembling with Part A

### Storage

To avoid corrosion and damage to MODIX Rebar Couplers, they should be stored in dry conditions and not directly exposed to water.

### Quality of connection

General procedures to follow before and during assembly of MODIX Rebar Couplers:

1. Remove the thread protector from the MODIX part
2. Clean the thread properly
3. Check visually that the thread has no damage
4. Carefully align the counterparts to avoid damage to the first pitches
5. Carefully turn on the first pitches
6. Never use force to connect MODIX parts – correct use enables a screw connection to be made by hand
7. To reduce friction, a special lubrication spray or grease can be used
8. Proper tightening of the MODIX Rebar Coupler system is achieved when the ring gap on MODIX Part B and the distance sleeve are closed (see *Figure 2*). This can be achieved using a wrench (a torque wrench is not required). Excessive tightening (e.g. using a hammer) is prohibited. Connections can be checked by visual inspection.

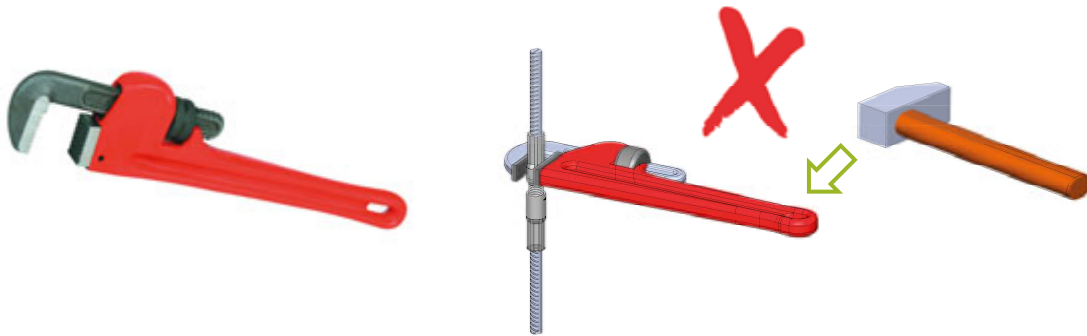
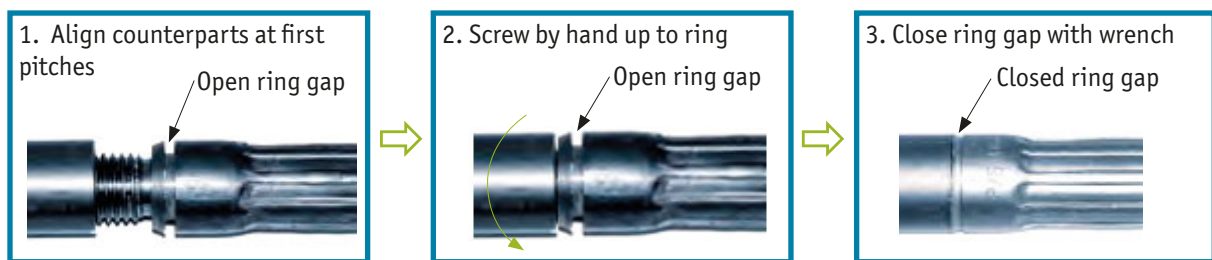


Figure 2. Correct connected MODIX counterpart (e.g. SMA or positioning sleeve) and Part B with closed ring gap.



- It is prohibited to weld on the SMA and SMB muff closer than  $3\varnothing$  (three times diameter of reinforcement bar) to the swaging zone; fixation with wire is recommended instead.
- The torque moment should be controlled only when installation is done without a control ring gap (see MODIX EM and MODIX KM in the installation instructions). The values for torque moments are in Table 6.

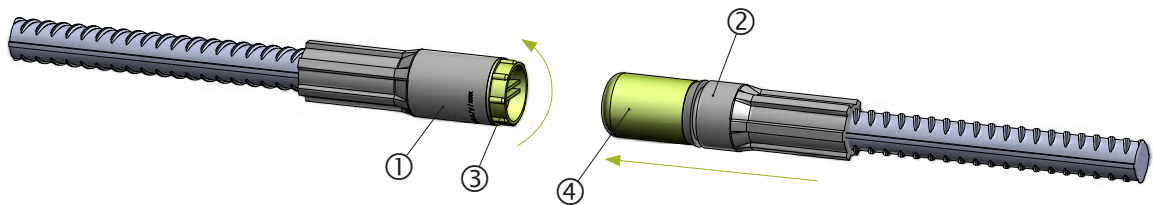
Table 6. Torque moment values.

Bar $\varnothing$	$d_b$ [mm]	10	12	14	16	20	25	28	32	40
Torque moment	$M_t$ [Nm]	50	50	80	120	180	270	270	300	350

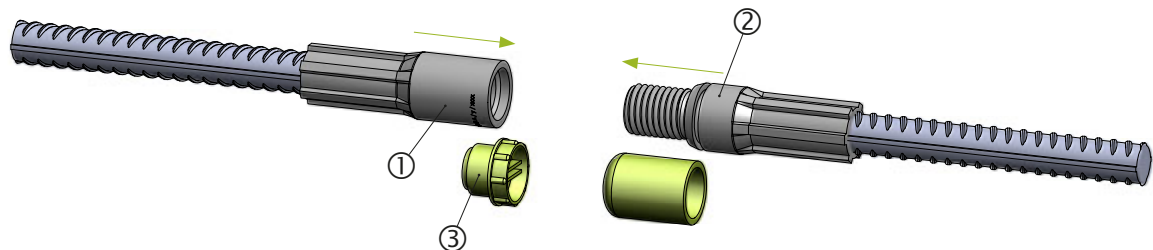
### Modix connected inside of the concrete elements

#### MODIX SM and RM:

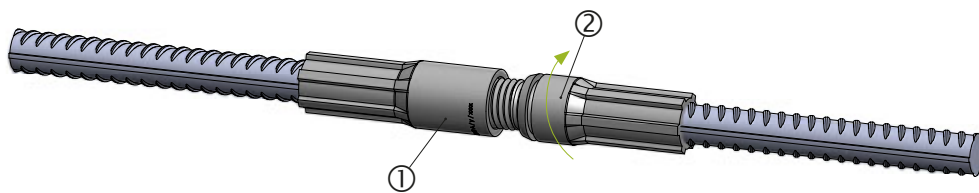
- 1.** Coupler Part A ① and coupler Part B ②, including the attached bar, are delivered with thread protectors ③ and ④.



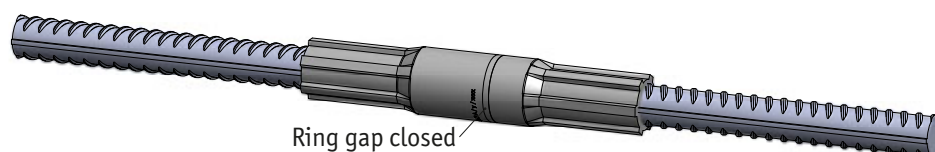
- 2.** Remove plugs from couplers directly before installation. Clean the thread properly. Visually check that the thread is not damaged. Carefully center the counterpart (SMB) to avoid causing damage to the first pitches.



- 3.** Coupler Part B ② is screwed onto coupler Part A ①. Carefully turn Part B ② on the first pitches into Coupler Part A ①. Never use force to connect coupler Part A ① and coupler Part B ②. Correct use enables a screw connection to be made by hand.

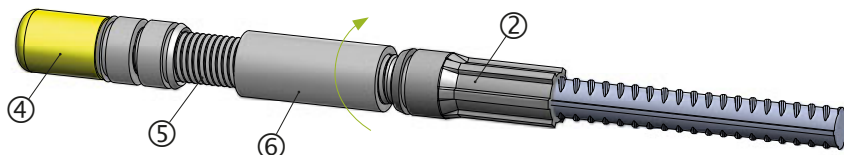


- 4.** It is tightened using a wrench until the ring gap is completely closed.

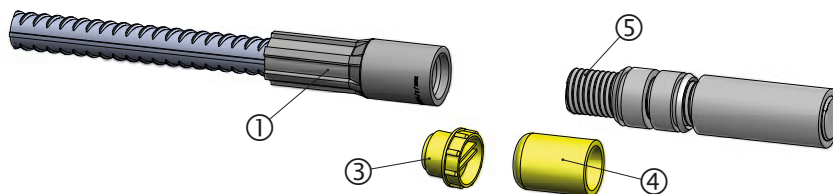


## MODIX PM:

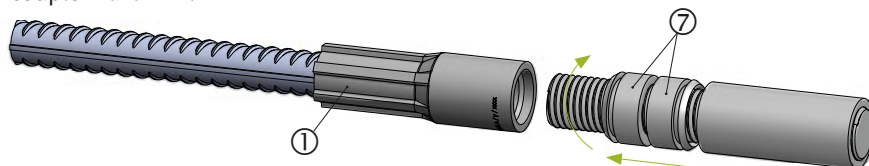
1. If the MODIX PM ⑤ and coupler Part B ②, including the attached bar, are delivered pre-assembled to the site, the positioning sleeve ⑥ must be screwed off the coupler Part B ②.



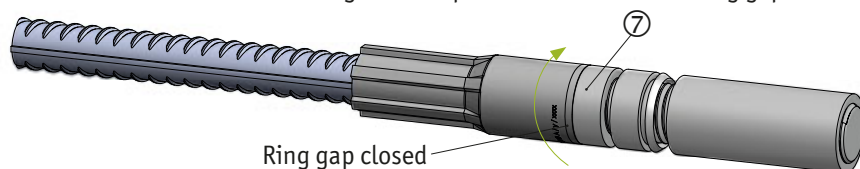
2. Remove the thread protective plug ③ from coupler Part A ① and the thread protective cap ④ from the MODIX PM ⑤.



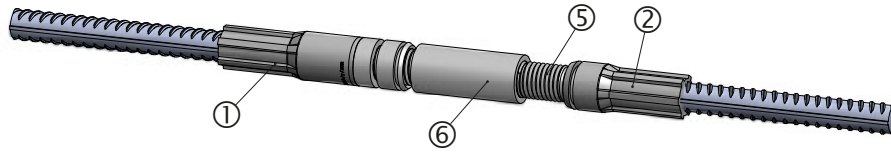
3. Clean all threads properly. Visually check that the thread is not damaged. Hand-tighten the threaded bar so it sits tightly in coupler Part A ①.



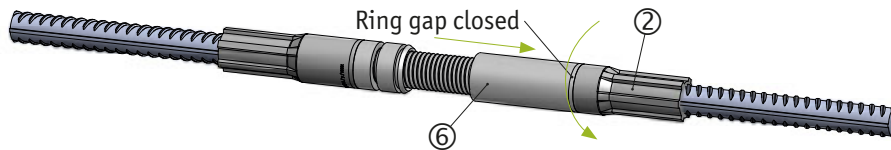
4. Tighten counter nut ⑦ of MODIX PM ⑤ against coupler Part A ① until the ring gap is closed.



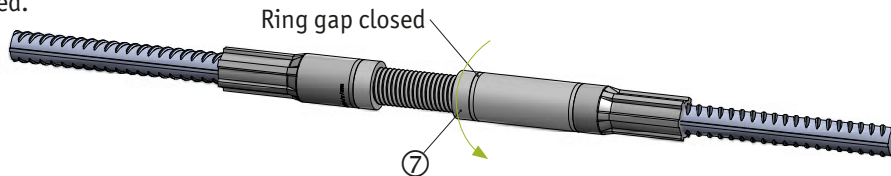
**5.** Align the thread of coupler Part B ②, including the attached reinforcing bar, with the threaded bar of the MODIX PM ⑤.



**6.** Turn the positioning sleeve ⑥ of the MODIX PM ⑤ over the threaded part of coupler Part B ② until the ring gap is closed.



**7.** The second counter nut ⑦ of the MODIX PM is then tightened against the positioning sleeve until the ring gap is closed.





# NMB SPLICE-SLEEVE® SYSTEMS



**REVISED  
2017**



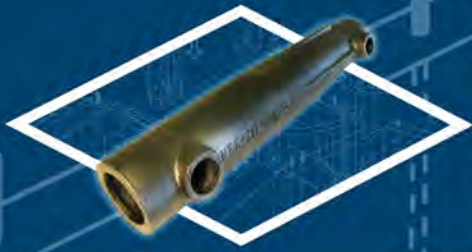
The Paramount Tower, San Francisco

Over 30 Million Sold World-Wide



**Splice Sleeve North America, Inc.**





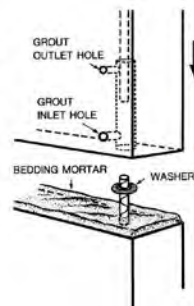
# NMB SPLICE-

The **NMB SPLICE-SLEEVE®** is an efficient coupler for splicing reinforcing bars which uses a cylindrical-shaped steel sleeve interior of which is filled with **SS MORTAR®** grout a cementitious, non-metallic, non-shrink high-early-strength grout. Reinforcing bars to be spliced are inserted into the sleeve to meet approximately at the center of the sleeve. The resulting splices will develop tensile and compressive strengths in excess of the specified minimum for ASTM Grade 60 bars conforming to the ACI Building Code Requirements for both Type 1 and Type 2 conditions.

The **NMB SPLICE-SLEEVE® SYSTEM** is a proven method for connecting precast reinforced concrete structural members. At the precast plant, the sleeves are embedded precast element on one end of the main reinforcing bars to be connected. The bars protrude from the other end of the precast member. At the building site, the precast members are joined by inserting the protruding bars from the end of one precast member into the sleeves of the adjacent member. The sleeves are then grouted, in effect making the reinforcing bars continuous through the connection.

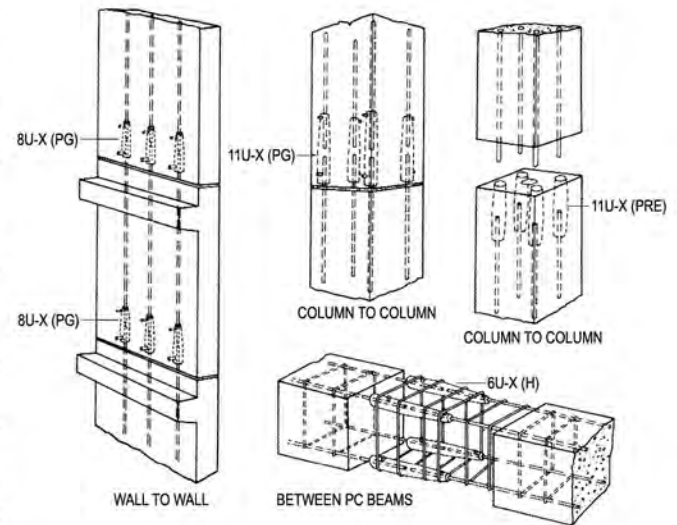
This is called "Emulation" and the **NMB** is categorized as an emulative connection for precast systems. (Refer to ACI 550.1R-09 for more information).

Patented Worldwide





The NMB SPLICE-SLEEVE® is particularly appropriate for use in joining vertical precast concrete structural elements (columns and shearwalls). This is because the sleeve can be embedded completely in the precast elements at the manufacturing yard and when the elements are joined in the erection process, there is no need to make a closure pour or to perform other cosmetic patching after the bars are joined. This is sometimes referred to as a “blind” connection. When used in cast-in-place situations, the NMB SPLICE-SLEEVE performs the same function as other mechanical rebar splicing devices, basically that of extending the rebar length.



## APPLICATIONS

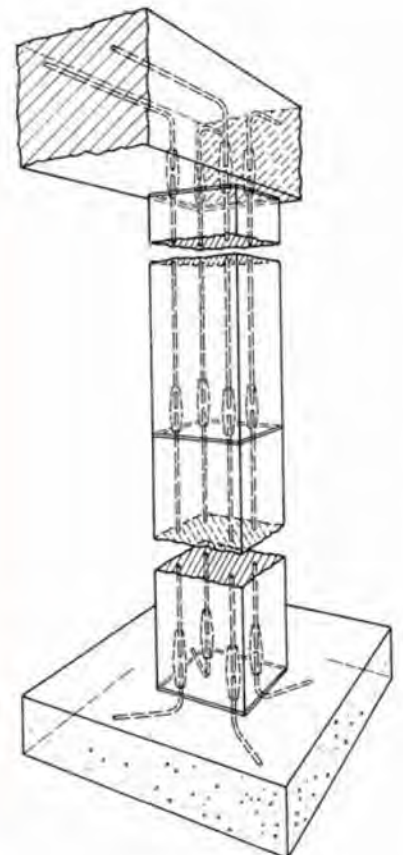
**NMB SPLICE-SLEEVES** have been used in a number of different applications both in cast-in-place and precast concrete structures.

### Precast Concrete Connections:

- Column-to-column
- Column-to-beam
- Column-to-foundation
- Beam-to-beam
- Shear wall to shear wall
- Shear wall to foundation
- Elevator and stair cores
- Airport control towers
- Bridge piers and Pier caps
- Caissons
- Large diameter hollow columns

### Cast-in-place Concrete Structures:

- Connections of prefabricated column reinforcing cages
- Connections of new bars to old in vertical and horizontal rehabilitation work
- Stress relief joints in post-tensioned cast-in-place floor slabs



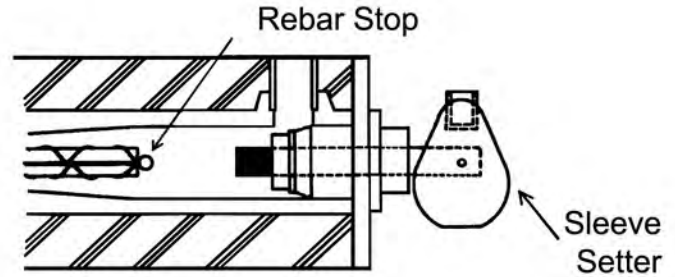




# NMB SPLICE-SLEEVE

NMB SPLICE-SLEEVES are installed and held firmly in place in the forms during concrete pouring by means of a Sleeve Setter featuring a fast-acting cam operated locking device.

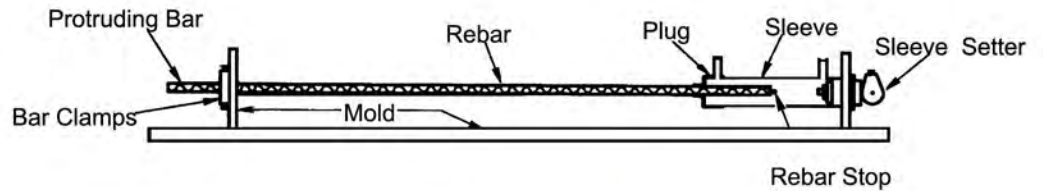
The NMB SPLICE-SLEEVE has an integral Rebar Stop in the mid-portion which assures the specified embedment of the rebar into the sleeve and an optional setscrew to hold the bar in the narrow end.



The uniform exterior dimension of the sleeve permits use of stirrups or hoops of the same size throughout the length of the sleeve.

No special treatment such as threading of rebar ends is required.

NMB SPLICE-SLEEVE can connect bars of the same size or up to two sizes smaller than the sleeve size.



The NMB can be epoxy coated and used to connect epoxy coated bars without removing the coating.







8 Day Bridge – Epping, NH



Salt Lake City – Front Runner Railway



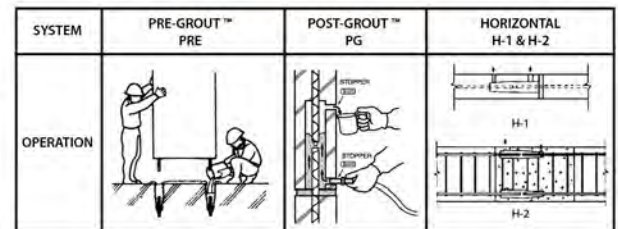
F35 Training Facility ATCT

## ERECTION

During erection, precast concrete elements are set into position one of three ways (see diagrams). The rebar dowels projecting from either the foundation or opposite piece are inserted into **NMB Splice-Sleeves** embedded in the precast element. The wide (field) end of the sleeves is designed larger than the rebar to provide tolerance to accommodate bar misalignment. The sleeve also allows tolerance with inserted rebar length (see chart on Page 5).

If needed, additional tolerance can be gained by “Upsizing” to a bigger sleeve. This can be one or two sizes (max.) bigger than the rebar. Similar to Upsizing, different rebar sizes can be “Transition Spliced” in the **NMB Splice-Sleeve** (for details see User’s Manual). These abilities allow all bars to be quickly mated and grouted simultaneously, saving crane time and speeding erection.

The precast elements are temporarily braced while the grout cures sufficiently in the sleeves. Typically EORs specify 4,000 psi which is comfortably above a yield strength connection. This is achieved in less than 24 hours at 68°F (see chart above), contributing to rapid construction.



SS Mortar® (Grout) - Compressive Strength Time vs Temperature

Curing Temp	Compressive Strength (psi)					
	12 hr	18 hr	1 day	3 days	7 days	28 days
41°F 5°C	---	834	1,869	5,823	8,871	13,860
50°F 10°C	410	1,869	2,905	6,858	9,907	14,895
68°F 20°C	1,869	3,328	4,364	8,317	11,366	16,354
86°F 30°C	2,905	4,364	5,399	9,352	12,401	17,389
104°F 40°C	3,708	5,167	6,202	10,155	13,204	18,192

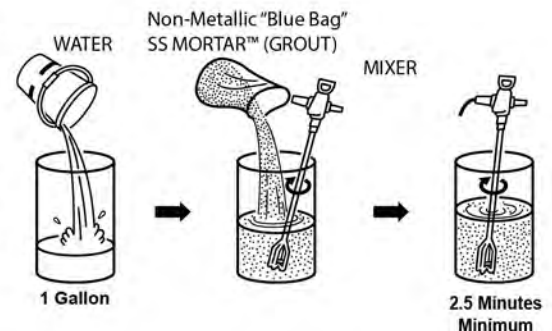
Calculated strength — calculated from the formula  $(24.758 \ln x \text{ Cumulative Temperature}) - 54.183$

## GROUTING

For PRE-GROUT applications, the SS MORTAR grout is simply poured into the sleeve and consolidated before the next precast member is set in position.

For POST-GROUT and HORIZONTAL applications, the grout is pumped into the sleeve by means of a hand-operated pump. With both these systems, grouting operations can be performed after bracing and do not interfere with erection progress.

In total, **NMB SPLICE-SLEEVE** contributes to speed of construction.







# NMB

# SPLICE

## NMB SPLICE-SLEEVE

**Steel Specification:** The material properties of the NMB Splice Sleeve® iron castings conform to proprietary specification based on ASTM A536-84. The Models 5U-X and 6U-X satisfy the ASTM A536 Grade 65-45-12 [minimum yield and tensile strength of 65,000 and 45,000 psi respectively], Model 7U-X through Model 14U-X, Model A11W, and Model SNX11 satisfy ASTM A536 [Grade 80-55-06] with a Grade of 85-60-06 [minimum yield and tensile strength of 85,000 and 60,000 psi respectively].

**Grout Specification:** The grout used in the NMB must be non-metallic, "SS Mortar®". Minimum grout strength requirements for ASTM A615 Grade 60 rebars:

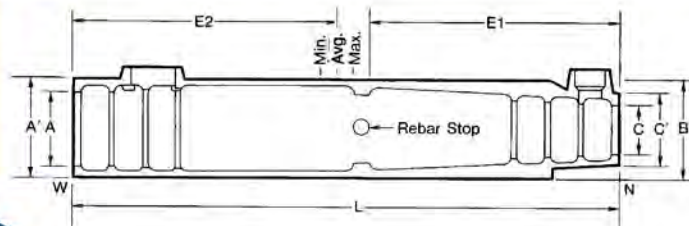
<b>Type 2 (ACI)*</b>	(100% Fu = 150% Fy = 90 ksi)	<b>9,500 psi</b>
<b>Type 1 &amp; AASHTO</b>	(125% Fy = 75 ksi)	<b>6,500 psi</b>
<b>Yield Strength</b>	(100% Fy = 60 ksi)	<b>4,000 psi</b>

NOTE: to allow for variations in curing, typically cube breaks of 4,000-psi are specified by the EOR for removal of bracing and continued erection.

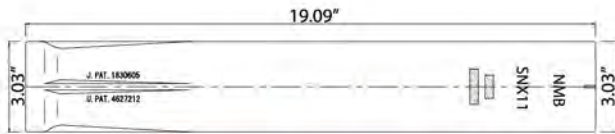
\*Note that for ASTM A706 Grade 60 rebars, 100% of specified tensile equals 133% of specified yield.

DIMENSIONS OF NMB SPLICE-SLEEVES*											RECOMMENDED REBAR EMBEDMENT LENGTH					
Sleeve No.	Bar Diameter	ASTM Bar Size		Sleeve Length (L) inch (mm)	Narrow End Diameter		Max. Dia. (B) inch (mm)	Wide End Diameter			Factory Dowel (E1) inch (mm)		Field Dowel (E2) inch (mm)			SS Mortar lbs. per Sleeve (kg)
		U.S.	Metric		I.D. (C) inch (mm)	O.D. (C') inch (mm)		I.D. (A) inch (mm)	Total Tolerance inch (mm)	O.D. (A') inch (mm)						
											Min.	Max.	Min.	Avg.	Max.	
5U-X	0.625	#5	16 MM	9.65 (245)	0.87 (22)	1.50 (38)	1.81 (46)	1.26 (32)	0.63 (16)	1.89 (48)	4.13 (105)	4.33 (110)	4.13 (105)	4.53 (115)	4.92 (125)	1.26 (0.57)
6U-X	0.750	#6	20 MM	11.22 (285)	1.02 (26)	1.65 (42)	1.97 (50)	1.42 (36)	0.67 (17)	2.05 (52)	4.92 (125)	5.12 (130)	4.92 (125)	5.32 (135)	5.71 (145)	1.76 (0.80)
7U-X	0.875	#7	22 MM	12.80 (325)	1.14 (29)	1.77 (45)	2.28 (58)	1.73 (44)	0.86 (22)	2.36 (60)	5.71 (145)	5.91 (150)	5.71 (145)	6.11 (155)	6.50 (165)	2.65 (1.20)
8U-X	1.000	#8	25 MM	14.57 (370)	1.30 (33)	1.93 (49)	2.48 (63)	1.89 (48)	0.89 (23)	2.52 (64)	6.50 (165)	6.69 (170)	6.50 (165)	6.99 (178)	7.48 (190)	3.46 (1.57)
9U-X	1.128	#9	28 MM	16.34 (415)	1.42 (36)	2.06 (52)	2.60 (66)	2.01 (51)	0.89 (23)	2.67 (68)	7.40 (188)	7.56 (192)	7.40 (188)	7.88 (200)	8.35 (212)	3.95 (1.79)
10U-X	1.270	#10	32 MM	17.91 (455)	1.57 (40)	2.28 (58)	2.80 (71)	2.16 (55)	0.89 (23)	2.87 (73)	8.19 (208)	8.35 (212)	8.19 (208)	8.66 (220)	9.13 (232)	4.94 (2.24)
11U-X	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	2.40 (61)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.98 (228)	9.13 (232)	8.98 (228)	9.45 (240)	9.92 (252)	6.02 (2.73)
SNX11	1.410	#11	35 MM	19.09 (485)	1.69 (43)	3.03 (77)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.86 (225)	9.25 (235)	8.27 (210)	8.86 (225)	9.45 (240)	6.99 (3.17)
A11W	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	3.31 (84)	3.30 (84)	2.60 (66)	1.19 (30)	3.30 (84)	8.86 (225)	9.69 (246)	8.27 (210)	8.96 (228)	9.50 (241)	7.74 (3.52)
14U-X	1.693	#14	40 MM	24.41 (620)	2.01 (51)	2.80 (71)	3.46 (88)	2.60 (66)	0.91 (23)	3.46 (88)	11.42 (290)	11.61 (295)	11.42 (290)	11.91 (303)	12.40 (315)	9.19 (4.17)
18U	2.257	#18	57 MM	36.22 (920)	2.68 (68)	3.66 (93)	4.72 (120)	3.27 (83)	1.01 (26)	4.25 (108)	17.00 (432)	18.11 (460)	17.00 (432)	17.56 (446)	18.11 (460)	25.31 (11.48)

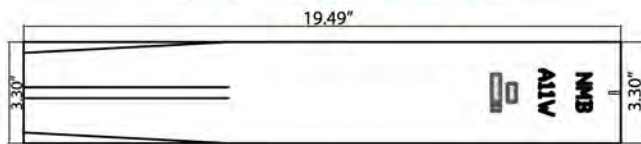
\*\*The minimum embedment length for the bars using a larger size sleeve must follow the requirements for the sleeve size, not the bar size. For example, for a #9 bar with #11U-X sleeve, the embedment length must be based upon 11U-X, i.e. the maximum factory dowel (E1) is 9.13"; the maximum field dowel (E2) is 9.92".







## NEW PRODUCTS!



### SNX11

- US PVC grout tubes  
3/4" inlet & 1/2" outlet
- Screw in Rubber Plugs
- 9/11 RP for upsizing
- More Tolerance

### A11W



### How to specify NMB SPLICE-SLEEVES:

**SPECIFIC:** Show sleeve size and grouting system.

Examples: NMB SPLICE SLEEVE 8U-X(PG), 11U-X (PRE) from Splice Sleeve North America, Inc. Livonia, Michigan.

**GENERIC:** Mechanical rebar splices by means of grout-filled steel sleeves with frusto-conical geometry into which a non-shrink, high-strength grout is introduced using a low pressure pump, the splice to meet the TYPE 1 or 2 requirements of ACI 318.

### AASHTO:

The NMB SPLICE-SLEEVE exceeds the requirements (min. 125%F<sub>y</sub>) of the AASHTO, Standard Specification for Highway Bridges, Division I- Design, Section 8.32.2. This article sets down requirements for fatigue design of mechanical connections. The NMB is listed generically as the "Grout-filled sleeve (without threaded ends), with or without epoxy coated rebar", which gains the 18-ksi stress category (highest) under 5 million cycle testing per NCHRP 10-35 methodology.

### APPROVAL AND RECOGNITION

- ESR-3433: ICC Evaluation Service, Inc.
- New York State Department of Transportation
- Various U.S. State Department of Transportation
- New York City Board of Standards and Appeals, Calendar No. 329-89-SM
- City of Los Angeles, Departments of Building and Safety, Research Report

# BROCHURE

# THE PRECAST CONCRETE MANUFACTURER



*Innovation and Trust*







# VISI

MENJADI PERUSAHAAN TERKEMUKA  
DALAM BIDANG *ENGINEERING*,  
*PRODUCTION*, *INSTALLATION* (EPI)  
INDUSTRI BETON DI ASIA TENGGARA

# MISI

1. Menyediakan produk dan jasa yang berdaya saing dan memenuhi harapan Pelanggan.
2. Memberikan nilai lebih melalui proses bisnis yang sesuai dengan persyaratan dan harapan Pemangku Kepentingan.
3. Menjalankan sistem manajemen dan teknologi yang tepat guna, untuk meningkatkan efisiensi, konsistensi mutu, keselamatan dan kesehatan kerja, yang berwawasan lingkungan.
4. Tumbuh dan berkembang bersama mitra kerja secara sehat dan berkesinambungan.
5. Mengembangkan kompetensi dan kesejahteraan Pegawai.

**BOARD OF COMMISSIONERS:**

1. Gandira Gutawa Sumapraja (President)
2. Agustinus Boediono
3. Tumik Kristianingsih
4. Herry Trisaputra Zuna
5. Asfiah Mahdiani
6. Priyo Suprobo
7. Yustinus Prastowo

**BOARD OF DIRECTORS:**

1. Hadian Pramudita (President)
2. Hari Respati
3. Mohammad Syafii
4. Kuntjara
5. Agung Yunanto
6. Siddik Siregar
7. Sidiq Purnomo

Business activities in precast concrete products were initiated by PT Wijaya Karya since 1978. The robust economic growth and developments in Indonesia at that time accelerated the growth of precast concrete products business. To anticipate it, PT Wijaya Karya continued to expand its business operations by setting up new plants/factories and creating variety of the products.

In order to enhance its operations and professionalism, PT Wijaya Karya Beton Tbk. (Wika Beton) was established as a subsidiary company of PT Wijaya Karya on March 11, 1997.

As the Market Leader in the industry in Indonesia, Wika Beton is supported by its operation network which consists of 10 (ten) plants/factories, and several sales offices scattered throughout Indonesia. The operation network is created to ensure the customers' satisfaction.

To keep up with the industry's needs and customers' satisfaction, Wika Beton run its operation in accordance with the current requirement such as ISO 9001 : 2000, occupational safety and health, etc.

## PRECAST CONCRETE PRODUCTS

Precast concrete products are commonly used in the construction nowadays. Almost all of the structures require it. It is simply because the use of precast concrete has lot of advantages.

It is fast. The components of the structures, which is made of precast concrete, can be simultaneously manufactured with the other construction activities. Hence, it saves time.

It is economical and durable. Initially, we use timber or steel in some of the structures. The use of timber will need more frequent replacement, as it is not strong and does not last long. Steel is becoming expensive. Moreover those materials require maintenance, whereas concrete is maintenance free.

Flexibility in shape. The shape can be produced in accordance to the requirement.

Quality assured. The production are centralized in one place and can be easily controlled.





## PC SPUN PILES

Wika PC Spun Pile is produced by the process of spinning. The high level of concrete compactness as a result of centrifugal force causes Wika PC Spun Pile to have high durability and permeability to withstand certain environment condition.

PC Spun Pile is designed to bear various types of structures. It is used among others on high-rise buildings, industrial buildings, marine structures, bridges, etc.

## HYDRO STRUCTURE CONCRETE PRODUCTS

The main product of this structures is concrete pipe, which consists of low pressure pipes and pressure pipes. The low pressure pipe is used as sewerage, water distribution, etc.

The pressure pipe is produced using vibro pressed centrifugal system to get high density concrete with low permeability and low shrinkage. It is used as raw water transmission pipes as part of water treatment plant which requires very high resistance to the water pressure.

## PC SPUN SQUARE PILES

PC Spun Square Piles is a hollow square pile which is produced by the process of spinning. The pile can be used for deep foundation of structures, such as high-rise buildings, industrial buildings, bridge, marine structures, etc. It has many advantages compared with normal square piles. The bearing capacity is relatively equal to the normal square pile although it requires less usage of material. It is lighter so that it can reduce transportation cost.

## RAILWAY CONCRETE PRODUCTS

Railway sleeper produced by Wika Beton is monoblock pretensioned concrete sleeper using the single line production system. The production method developed by Wika Beton is flexible and suitable for the conditions in Indonesia.

The other products related to railway are catenary poles, slab for railway bridge, ballast protection wall, railway crossing, etc.

## BRIDGE CONCRETE PRODUCTS

These products are used as the components of fly over or bridge structures. Initially the beams were produced only in "I" shape. Presently, we produce box girders, U-girders, etc. and also produce voided slab, concrete diaphragm, half slab as complement of the structures.

The girders are produced in two methods, post-tensioned and pretensioned process of stressing, subject to the conditions and requirements. The pretensioned girders is a monolithic girder which is economical as it does not require additional prestressing accessories and prestressing process at the construction site.

Post-tensioned girder is produced in segments and normally assembled and post tensioned at site. The segmental girder is required when the weight and size of girder does not enable it to be lifted and transported.

## PRESTRESSED SPUN CONCRETE POLES

The Prestressed Spun Concrete Pole (PC Pole) produced using the centrifugal method constitutes the last generation of the electrical pole development in Indonesia. From wooden pole, steel pole and square concrete pole, prestressed spun concrete pole were subsequently introduced. This type of concrete pole is produced in various types for low-voltage, medium-voltage and high voltage electrical distribution networks. To facilitate handling in remote areas, Wika Poles are also produced in segments.

## RETAINING WALL CONCRETE PRODUCTS

Prestressed Concrete Sheet Pile was initially produced in flat shape. PC Corrugated Sheet Pile is subsequently produced to get a better performance for certain conditions.

PC sheet pile is normally used as permanent structures of retaining walls like quay walls, revetments, jetties, break waters, reclamation walls, training dykes, foot protection, dolphins, dock walls, cut off walls, river embankments, water control gates, etc.

The preference of using concrete sheet pile is for the convenience and the low cost in its construction/installation work.

## OTHER PRECAST CONCRETE PRODUCTS

Wika Beton also produce other type of standard products as well as custom-made products as required by our customer. Some of the products are :

- Prestressed Square Piles, Triangular Piles.
- Pipe Rack for oil company.
- Water Storage and Water Cooling Tower for power plant
- Building and Housing Components.
- Fences.
- Underground Utility Ducting, etc.

## MARINE STRUCTURE CONCRETE PRODUCTS

The application of precast concrete products in marine structures has an additional advantages. Not only do we have faster and more economical construction work, it also make the job easier. The construction work will be more complicated if there is still cast in site concrete work.

Concrete Piles, Sheet Piles, Girders, Slabs, etc. are required for structures like wharf/jetty, bridge, break water, etc.



# PC POLES

## DESCRIPTION

### Type of Poles

DPC Poles	: Prestress Concrete Poles for Electrical Distribution Line
TPC Poles	: Prestress Concrete Poles for Telecommunication Line
SDPC Poles	: Segmental Prestress Concrete Poles for Electrical Distribution Line
STPC Poles	: Segmental Prestress Concrete Poles for Electrical Transmission Line

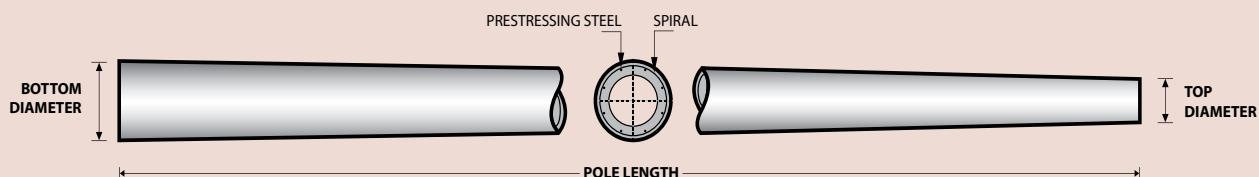
### System of Joints

Bolt and nuts for SDPC Poles  
Welding at steel joint plate for STPC Poles

## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	SPLN D3.019-2 : 2013	Prestressed Concrete Poles for Distribution Line
	SPLN 121 :1996	Prestressed Concrete Poles for Transmission Line
	STEL - 2001 ver.2	Telecommunication Specification - Prestressed Concrete Spun Poles
	SNI 2847 - 2013	Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

## PC POLES | PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION



Concrete Compressive Strength  $f_c' = 42 \text{ MPa}$  (Cube 500 kg/cm<sup>2</sup>)

Class	Type		Outside Diameter		Weight (kg/pcs)
	Length (m)	Horizontal Load (daN)	Top (mm)	Bottom (mm)	
Electrical Distribution Line PC Poles					
DPC	7	100	157	202	300
DPC	9	100	157	277	580
		200	157	277	580
		350	190	310	710
DPC	11	200	190	337	1,050
		350	190	337	1,050
		500	190	337	1,050
DPC	12	200	190	350	1,230
		350	190	350	1,230
		500	190	350	1,230
DPC	13	350	190	363	1,410
		500	190	363	1,410
DPC	14	350	190	377	1,670
		500	190	377	1,670
Telecommunication Line PC Poles					
TPC	7	150	124	202	300
TPC	9	150	124	224	430
Segmental Electrical Distribution Line PC Poles					
SDPC	7	100	124	202	300
SDPC	9	100	157	277	580
		200	157	277	580
SDPC	11	200	190	337	1,050

## PRODUCT APPLICATION



Concrete Compressive Strength  $f_c' = 50 \text{ MPa}$  (Cube 600 kg/cm<sup>2</sup>)

Class	Type		Outside Diameter		Weight (kg/pcs)
	Length (m)	Horizontal Load (daN)	Top (mm)	Bottom (mm)	
Segmental Electrical Transmission Line PC Poles					
STPC	17	800	245	500	3,030
		1,000	290	545	3,650
		1,200	290	545	3,650
STPC	18	800	245	515	3,320
		1,000	290	560	3,990
		1,200	290	560	3,990
STPC	19	800	245	530	3,630
		1,000	290	575	4,350
		1,200	290	575	4,350
STPC	22	800	245	575	4,650
		1,000	290	620	5,510
		1,200	290	620	5,510
STPC	23	800	245	590	5,010
		1,000	290	635	5,930
		1,200	290	635	5,930
STPC	25	800	245	620	5,820
		1,000	290	665	7,040
		1,200	290	665	7,040
STPC	27	800	245	650	6,670
		1,000	290	695	7,800
		1,200	290	695	7,800
STPC	30	800	245	695	8,100
		1,000	290	740	9,400
		1,200	290	740	9,400

## TRANSMISSION PC POLES APPLICATION



## POLES FOUNDATION TYPE



Embedded foundation



Base Plate foundation

## POLES INSTALLATION METHOD



Installation by Lifting Crane



Installation by Box Equipment





# PC PILES

## DESCRIPTION

Type of Piles	Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile)

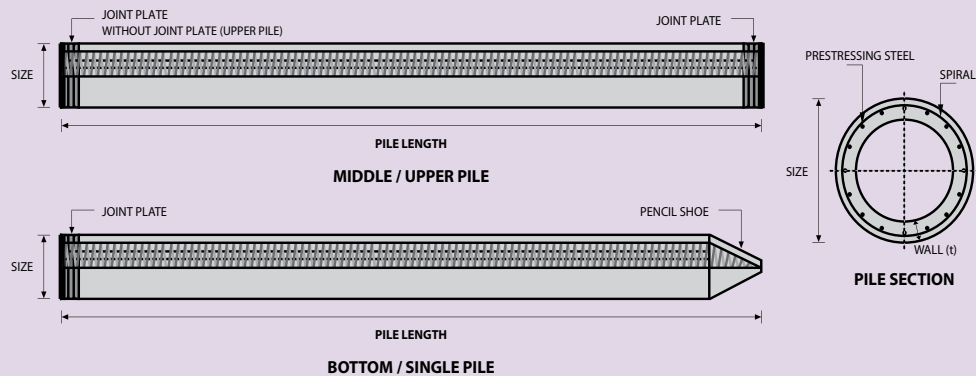
## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Chapter-4 Structural design requirement for piles with no seismic loading (In case pile is consider to seismic loading, piles detail should re-design refer to ACI 543R Chapter-5)
	SNI 2847 - 2013	Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

## MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 2049 - 2015	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 2834 - 2000 SNI 2493 - 2011	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 2014	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 2008	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 2052 - 2014	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BjTS 40 (Deformed) Steel Class : BjTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2011	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm2) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



### PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ MPa}$  (Cube  $600 \text{ kg/cm}^2$ )

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section ( $\text{cm}^2$ )	Section Inertia ( $\text{cm}^4$ )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack *	Break			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

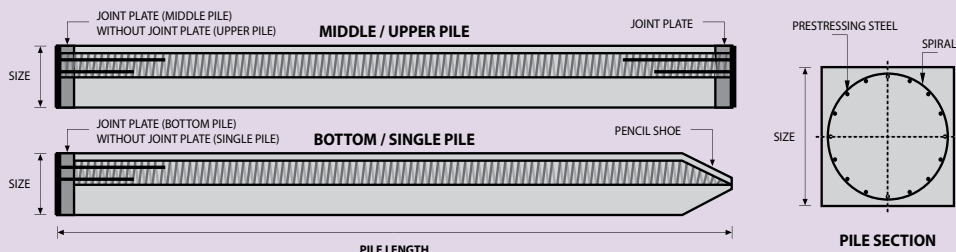
Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Note : \*) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

\*\*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

\*\*) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES



### PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 42 \text{ MPa}$  (Cube  $500 \text{ kg/cm}^2$ )

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Size (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile * (m)	Splice Class	
					Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)				Compatible to Body $M_{crack}$	Optional
200 x 200	400	13,333	100	A	1.55	2.65	49.08	27.47	6 - 9	I	II
250 x 250	625	32,552	156	A	2.29	3.46	81.40	28.10	6 - 10	III	IV
				B	2.52	4.33	79.62	34.80	6 - 11	II	-
				C	2.78	5.19	77.92	41.30	6 - 11	I	II
300 x 300	900	67,500	225	A	3.64	5.19	118.59	35.40	6 - 11	IV	V
				B	3.98	6.23	116.76	42.20	6 - 11	III	IV/V
				C	4.48	7.47	114.66	50.20	6 - 12	II	-
				D	4.92	9.34	111.60	61.90	6 - 12	I	III/IV/V
350 x 350	1,225	125,052	306	A	5.33	6.57	163.98	38.60	6 - 11	III	IV
				B	6.07	8.72	160.68	50.90	6 - 12	II	-
				C	6.63	10.90	157.45	63.10	6 - 12	I	IV
				D	7.30	13.08	154.32	75.00	6 - 13	I	III/IV
400 x 400	1,600	213,333	400	A	7.89	9.96	213.96	51.40	6 - 12	IV	V
				B	8.71	12.45	210.60	63.80	6 - 12	III	IV/V
				C	9.51	14.95	207.32	76.00	6 - 13	II	III/IV/V
				D	11.82	22.42	198.01	111.60	6 - 14	I	II/III/IV/V
450 x 450	2,025	341,719	506	A	11.17	14.01	270.98	64.30	6 - 12	III	IV
				B	12.10	16.81	267.61	76.80	6 - 13	III	IV
				C	13.01	19.62	264.30	89.10	6 - 13	II	III/IV
				D	14.78	25.22	257.88	113.30	6 - 14	I	II/III/IV
500 x 500	2,500	520,833	625	A	15.16	18.68	335.12	77.30	6 - 13	III	IV
				B	16.19	21.79	331.72	89.90	6 - 13	II	III/IV
				C	17.21	24.91	328.38	102.20	6 - 14	I	II/III/IV
				D	18.22	28.02	325.09	114.50	6 - 14	I	II/III/IV

Note : \*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

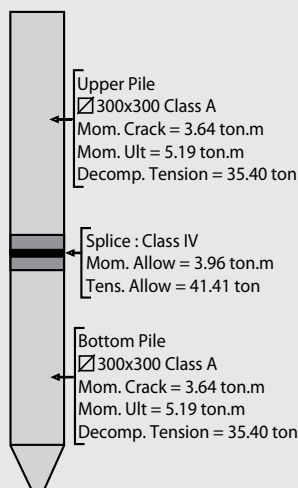
### TYPICAL SPLICE SPECIFICATION

Size (mm)	Class	Bending Moment		Tension	
		Allowable (ton.m)	Ultimate (ton.m)	Allowable (ton)	Ultimate (ton)
200 x 200	I	1.56	2.11	41.82	47.05
	II	0.76	1.02	16.34	18.38
250 x 250	I	3.17	4.28	55.22	62.12
	II	2.99	4.03	41.41	46.59
	III	2.34	3.17	41.41	46.59
	IV	1.29	1.74	24.50	27.57
300 x 300	I	5.96	8.05	83.64	94.10
	II	4.53	6.12	62.73	70.57
	III	4.28	5.78	55.22	62.12
	IV	3.96	5.35	41.41	46.59
	V	2.34	3.16	24.50	27.57
350 x 350	I	7.67	10.35	83.64	94.10
	II	6.81	9.19	83.64	94.10
	III	5.71	7.71	55.22	62.12
	IV	3.30	4.45	27.61	31.06
400 x 400	I	12.20	16.47	117.95	132.69
	II	11.28	15.23	88.46	99.52
	III	9.41	12.71	83.64	94.10
	IV	8.58	11.58	62.73	70.57
	V	3.97	5.36	27.61	31.06
450 x 450	I	15.80	21.33	147.43	165.86
	II	14.07	19.00	117.95	132.69
	III	13.02	17.57	88.46	99.52
	IV	6.55	8.84	41.82	47.05
500 x 500	I	19.72	26.63	118.60	133.43
	II	16.51	22.29	117.95	132.69
	III	15.14	20.43	88.46	99.52
	IV	7.56	10.21	41.82	47.05

### EXAMPLES OF SPLICE SELECTION

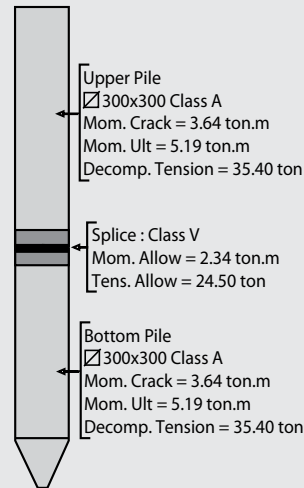
#### Case 1 : Compatible to Body Moment Crack

Splice of PC Piles having equivalent performance to the crack bending moment of the main body.

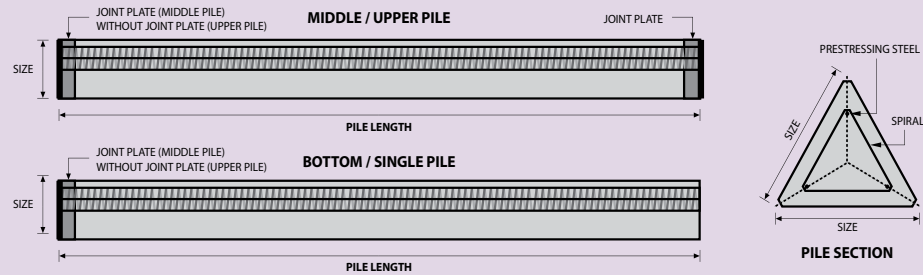


#### Case 2 : Optional Splice

Application of optional splices should be approved by structure designer.



## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE TRIANGULAR PILES



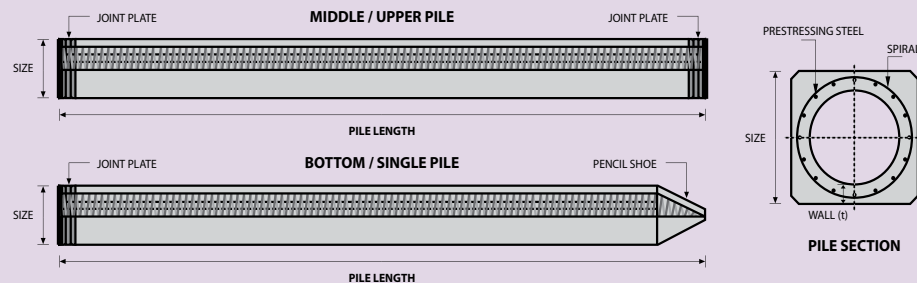
### PRESTRESSED CONCRETE TRIANGULAR PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 42 \text{ MPa}$  (Cube  $500 \text{ kg/cm}^2$ )

Size (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Length of Pile * (m)
					Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)		
280	318.7	9,080.50	79.7	A	0.66	0.92	42.26	6 - 8
				B	0.90	1.77	39.50	6 - 9
320	422.6	16,188.90	105.7	A	0.89	1.11	57.02	6 - 8
				B	1.20	2.15	54.10	6 - 9

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN SQUARE PILES



### PRESTRESSED CONCRETE SPUN SQUARE PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ MPa}$  (Cube  $600 \text{ kg/cm}^2$ )

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile * (m)
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
400 X 400	75	1109.13	194,159	277	A2	6.50	10.00	182.63	38.00	6 - 13
					A3	8.00	12.00	180.62	45.30	6 - 14
					B	10.00	18.00	173.15	73.10	6 - 15
					C	11.00	22.00	169.49	91.70	6 - 16
450 X 450	80	1364.48	307,000	341	A1	8.50	12.50	227.01	38.20	6 - 13
					A2	11.00	17.00	222.95	52.90	6 - 15
					A3	13.00	20.90	219.05	67.10	6 - 16
					B	13.50	24.00	215.32	80.90	6 - 16
					C	15.50	31.00	208.10	114.00	6 - 16

Note : \*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

## PRODUCT APPLICATION



Piles foundation for Power Plant or Industrial Factory



Piles for Marine Structure



Piles Foundation for Building



Piles Foundation for Bridges

# RAILWAY CONCRETE PRODUCT

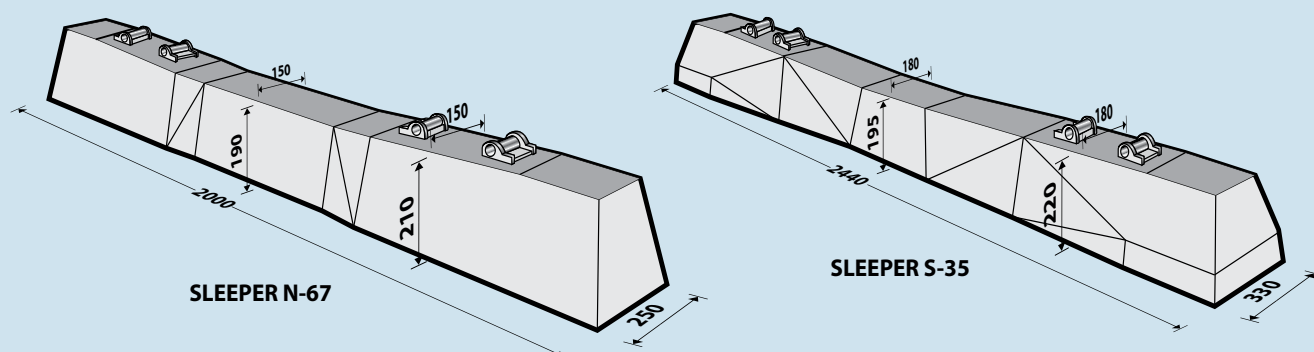
## DESCRIPTION

Type of Railway Product :      Prestressed Concrete Sleepers  
 Prestressed Concrete Turnout Sleepers  
 Prestressed Concrete Catenary Poles

## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	PD No.10 - Perumka AREMA Chapter 30 - 2009 GOST 10629 - 1988 TB/T 3080 - 2030 JIS A 5309 - 1981	Indonesian Railways Design Reference American Railway Engineering Manitenance of Ways Prestressed Concrete Sleepers for Railway Wide 1520 mm Technical Concrete Sleeper Railway Industry Standards Prestressed Concrete Spun Poles
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

## PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | PC SLEEPERS



## PC SLEEPERS DIMENSION

Type	Sleeper Length (mm)	Depth (mm)		Width at Rail Seat (mm)		Width at Center (mm)	
		at rail seat	at center	Upper	Bottom	Upper	Bottom
N-67	2000	210	190	150	250	150	226
S-35	2440	220	195	190	310	180	240
W-20	2700	195	145	224	300	182	250

## PC SLEEPERS SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ MPa}$  (Cube 600 kg/cm<sup>2</sup>)

Type *   **	Track Gauge (mm)	Design Axle Load (ton)	Train Speed (km/h)	Sleeper Weight (kg)	Design Bending Moments ( kg.m )				Design Reference ***
					Moments at Rail Seat		Moments at Centre		
					positive (+)	negative (-)	positive (+)	negative (-)	
N-67	1067	18	120	190	1500	750	660	930	PERUMKA PD - 10
S-35	1435	25	200	330	2300	1500	1300	2100	AREMA
W-20	1520	23	120	275	1300	-	-	980	GOST 10629 Grade-1

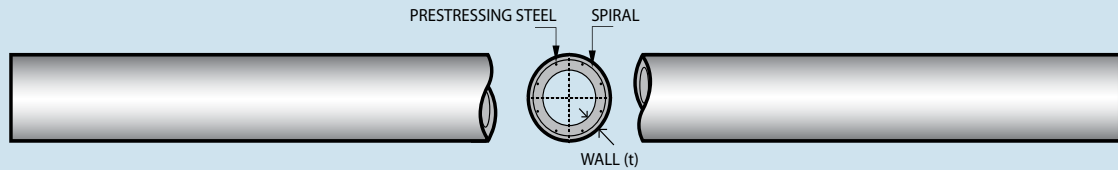
Note :      \*) Type of Rail is available for R-33, R-38, R-40, R-42, R-50, R-54 & R-60

\*\*) Type of fastening is available for Pindad E-Clip, Pandrol E-Clip, Vossloch Clip, DE-Clip or others adjustable to customer requirement

\*\*\*) Standard design reference is adjustable to customer requirement



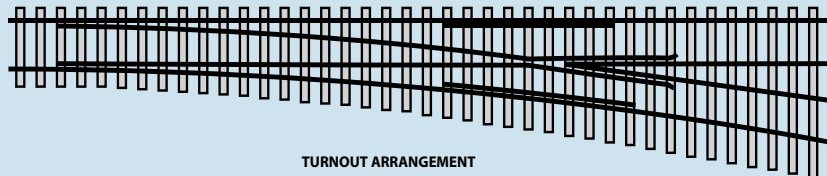
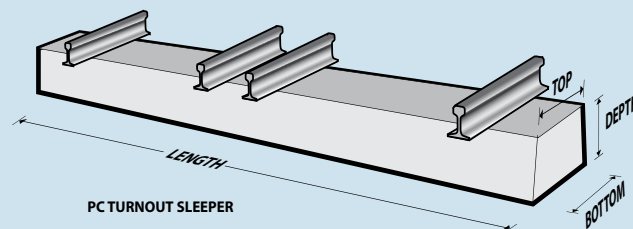
## PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | PC CATENARY POLES



### PC CATENARY POLES SPECIFICATION Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 $\text{kg/cm}^2$ )

Type	Outside Diameter (mm)	Thickness Wall (mm)	Cross Section ( $\text{cm}^2$ )	Section Inertia ( $\text{cm}^4$ )	Unit Weight (kg/m)	Bending Moment		Length of Pole (m)
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)	
C-50	350	70	616	64,115	154	5.00	10.00	9 - 12
C-65	350	70	616	64,115	154	6.50	13.00	10 - 14
C-75	350	70	616	64,115	154	7.50	15.00	11 - 14
C-110	400	75	766	106,489	191	11.00	22.00	11 - 14
C-150	450	80	930	166,570	232	15.00	30.00	12 - 15

## PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | PC TURNOUT & SCISSORS SLEEPERS



### SPECIFICATION Concrete Compressive Strength $f_c' = 60 \text{ MPa}$ (Cube 700 $\text{kg/cm}^2$ )

Type	Sleeper Quantity (pcs/set)	Unit Weight (kg/m)	Dimension (mm)			
			Length	Depth	Bottom	Top
Turnout 1:10	55	154	Variable	220	300	260
Turnout 1:12	74					
Scissor 1:10	34					

Note :

1. Type, quantity and dimension of PC Turnout or Scissor Sleeper per arrangement is adjustable to customer requirement
2. Type of fastening is adjustable to customer requirement

## PRODUCT APPLICATION



Railway Sleepers



Railway Catenary Poles



Railway Turnout



Railway Bridges

# BRIDGE PRODUCT

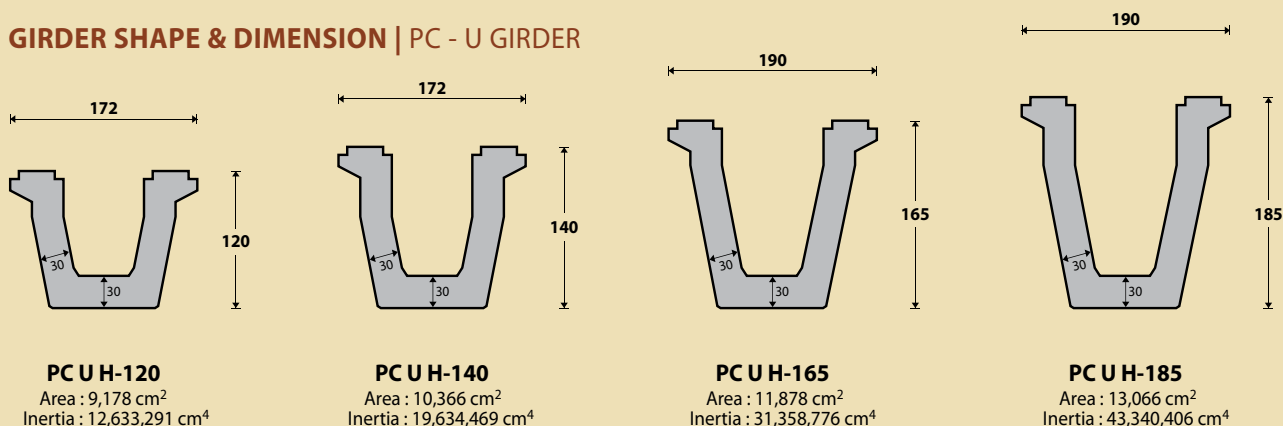
## DESCRIPTION

Type of PC Girder	PC U Girder : Prestressed Concrete Girder Type U
	PC I Girder : Prestressed Concrete Girder Type I
	PCVS : Prestressed Concrete Voids Slab
	PC SB Girder : Prestressed Concrete Segmental Box Girder
Type of Precast Bridge Floor	PC DT Slab : Prestressed Concrete Double Tee Slab
	RC FD Slab : Reinforced Concrete Full Depth Slab
Prestress System	Post-Tension or Pretension

## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	SNI T-12-2004 SNI 1725:2016 Bridge Design Manual	Indonesian Concrete Code : Bridge Concrete Design Indonesian Concrete Code : Design Load for Bridge PCI Prestress Concrete Institute
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

## GIRDER SHAPE & DIMENSION | PC - U GIRDER

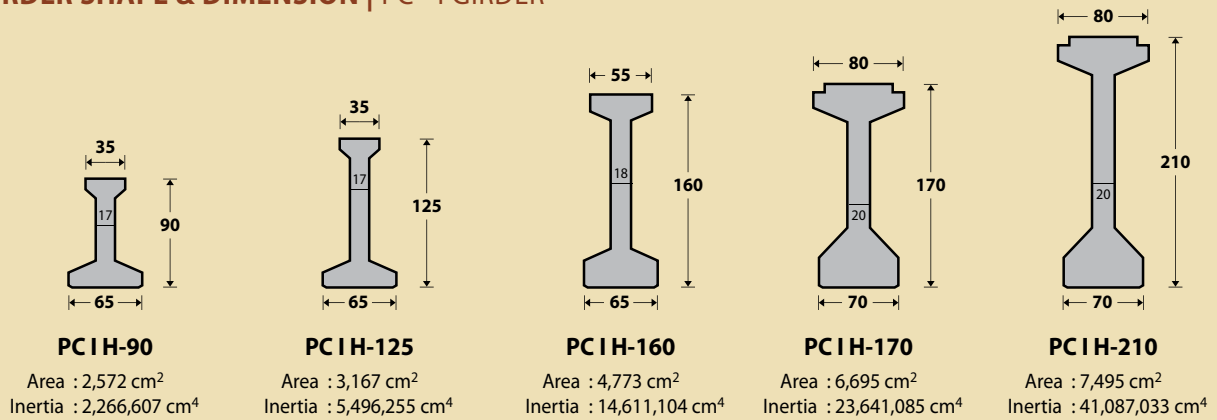


## POST-TENSION PC-U GIRDER SPECIFICATION

Span (m)	PC U H-120cm				PC U H-140cm				PC U H-165cm				PC U H-185cm			
	Beam Spacing / f'c'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / f'c'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / f'c'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / f'c'		Beam Support Reaction (kN)	
	(cm / MPa)	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	V <sub>ult</sub>	(cm / MPa)	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	V <sub>ult</sub>	(cm / MPa)	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	V <sub>ult</sub>	(cm / MPa)	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	V <sub>ult</sub>
13	310 / 40	364	344	1085												
14	310 / 40	386	358	1140												
15	310 / 40	409	372	1194												
16	310 / 40	432	386	1248												
17	310 / 40	454	400	1303												
18	310 / 40	477	414	1357	310 / 40	510	414	1397								
19	310 / 40	499	428	1411	310 / 40	534	428	1453								
20	310 / 40	522	442	1466	310 / 40	558	442	1509								
21	310 / 40	545	456	1520	310 / 40	583	456	1566								
22	270 / 50	532	409	1417	310 / 40	614	470	1631								
23					310 / 40	638	484	1687								
24					310 / 50	662	498	1743								
25					310 / 50	686	512	1799	310 / 40	742	512	1866				
26					310 / 50	710	526	1855	310 / 40	768	526	1924				
27					310 / 50	735	540	1911	310 / 40	794	540	1982				
28					310 / 60	759	554	1967	310 / 40	820	554	2040				
29					270 / 60	742	494	1834	310 / 50	861	568	2117				
30									310 / 50	887	582	2175				
31									310 / 50	913	588	2221				
32									270 / 50	877	518	2045	310 / 50	992	595	2331
33													310 / 50	1020	602	2378
34													310 / 50	1047	609	2425
35													310 / 50	1074	616	2473
36													310 / 50	1102	622	2520
37													310 / 60	1129	629	2567
38													310 / 60	1157	636	2614
39													270 / 60	1111	560	2414
40													270 / 60	1136	566	2457

Note: Based on bridge load refer to SNI 1725:2016 and assume bridge cross section parameter :  
200mm for CIP Slab, 70mm concrete deck slab and 50mm asphaltic layer

GIRDER SHAPE & DIMENSION | PC - I GIRDER

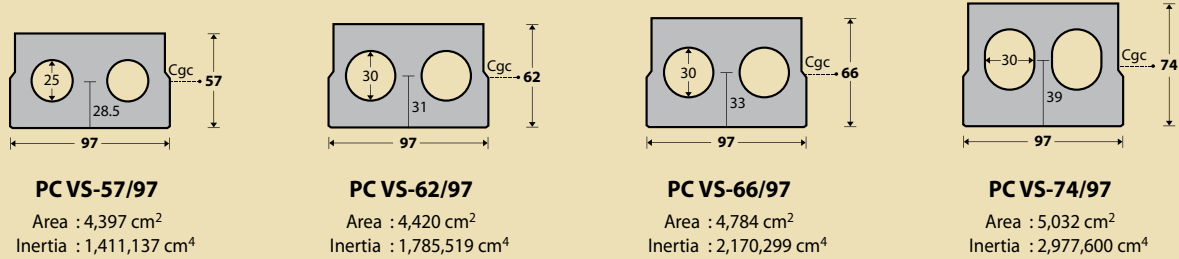


POST-TENSION PC-I GIRDER SPECIFICATION

Span (m)	PC I H-90cm				PC I H-125cm				PC I H-160cm				PC I H-170cm				PC I H-210cm			
	Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)	
	( cm / MPa )	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	Vult	( cm / MPa )	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	Vult	( cm / MPa )	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	Vult	( cm / MPa )	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	Vult	( cm / MPa )	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	Vult
10	185 / 40	117	179	476																
11	185 / 40	128	187	505																
12	185 / 40	138	196	533																
13	185 / 40	151	204	565																
14	185 / 40	161	212	594																
15	185 / 40	171	221	622																
16	140 / 40	150	173	508	185 / 40	200	229	673												
17					185 / 40	211	237	702												
18					185 / 40	222	245	731												
19					185 / 40	233	254	761												
20					185 / 40	244	262	790												
21					185 / 40	255	270	820												
22					140 / 50	225	211	672	185 / 40	318	279	913								
23					140 / 60	234	217	695	185 / 40	331	287	945								
24									185 / 40	344	295	976								
25									185 / 40	357	304	1008								
26									185 / 40	370	312	1040								
27									185 / 40	383	320	1072								
28									185 / 40	396	329	1104								
29									185 / 40	419	337	1148								
30									140 / 50	369	261	944	185 / 40	432	345	1180				
31									140 / 50	381	264	964	185 / 40	445	349	1204				
32													185 / 40	517	354	1297				
33													185 / 40	532	358	1324				
34													185 / 40	546	362	1350				
35													185 / 50	561	366	1377	185 / 40	607	366	1432
36													185 / 60	576	370	1403	185 / 40	623	370	1460
37													185 / 60	591	374	1429	185 / 40	639	374	1487
38													185 / 60	606	378	1456	185 / 40	655	378	1515
39													140 / 60	589	289	1265	185 / 40	671	382	1542
40													140 / 60	603	292	1289	185 / 50	686	386	1570
41													140 / 60	620	297	1318	185 / 50	705	392	1604
42																	185 / 50	721	396	1632
43																	185 / 50	750	400	1675
44																	185 / 60	766	404	1703
45																	185 / 60	782	408	1730
46																	140 / 60	700	312	1446
47																	140 / 60	714	315	1469
48																	140 / 60	728	318	1493
49																	140 / 60	742	322	1516
50																	140 / 70	756	325	1540

Note : Based on bridge load refer to SNI 1725:2016 and assume bridge cross section parameter :  
200mm for CIP Slab, 70mm concrete deck slab and 50mm asphaltic layer

GIRDER SHAPE & DIMENSION | PC - VOIDED SLAB

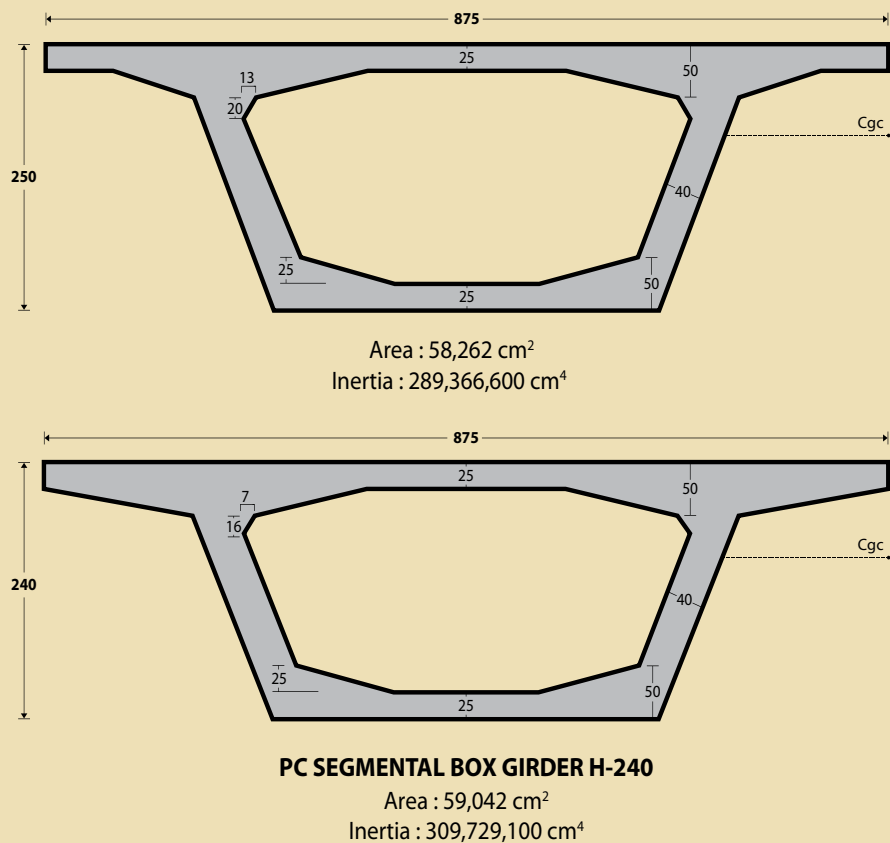


PRETENSION VOIDED SLAB SPECIFICATION

Span (m)	PC VS 57/97				PC VS 62/97				PC VS 66/97				PC VS 74/97			
	Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / fc'		Beam Support Reaction (kN)	
	(cm / MPa)	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	Vult	(cm / MPa)	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	Vult	(cm / MPa)	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	Vult	(cm / MPa)	V <sub>DL</sub>	V <sub>LL</sub>	Vult
6	97 / 50	41	195	401	97 / 50	42	195	402	97 / 50	45	195	406	97 / 50	48	195	409
7	97 / 50	47	209	433	97 / 50	48	209	434	97 / 50	52	209	439	97 / 50	55	209	442
8	97 / 50	53	219	459	97 / 50	54	219	461	97 / 50	58	219	466	97 / 50	62	219	470
9	97 / 50	59	228	481	97 / 50	60	228	483	97 / 50	65	228	488	97 / 50	69	228	493
10	97 / 50	65	237	506	97 / 50	66	237	508	97 / 50	71	237	514	97 / 50	76	237	519
11	97 / 50	71	245	528	97 / 50	73	245	529	97 / 50	78	245	536	97 / 50	83	245	542
12					97 / 50	79	252	549	97 / 50	85	252	556	97 / 50	90	252	562
13									97 / 50	91	258	574	97 / 50	97	258	581
14													97 / 50	104	262	599
15													97 / 50	111	267	615
16													97 / 50	118	270	630

Note : Based on bridge load refer to SNI 1725:2016 and assume bridge cross section parameter only 50mm asphaltic layer without over topping CIP Slab

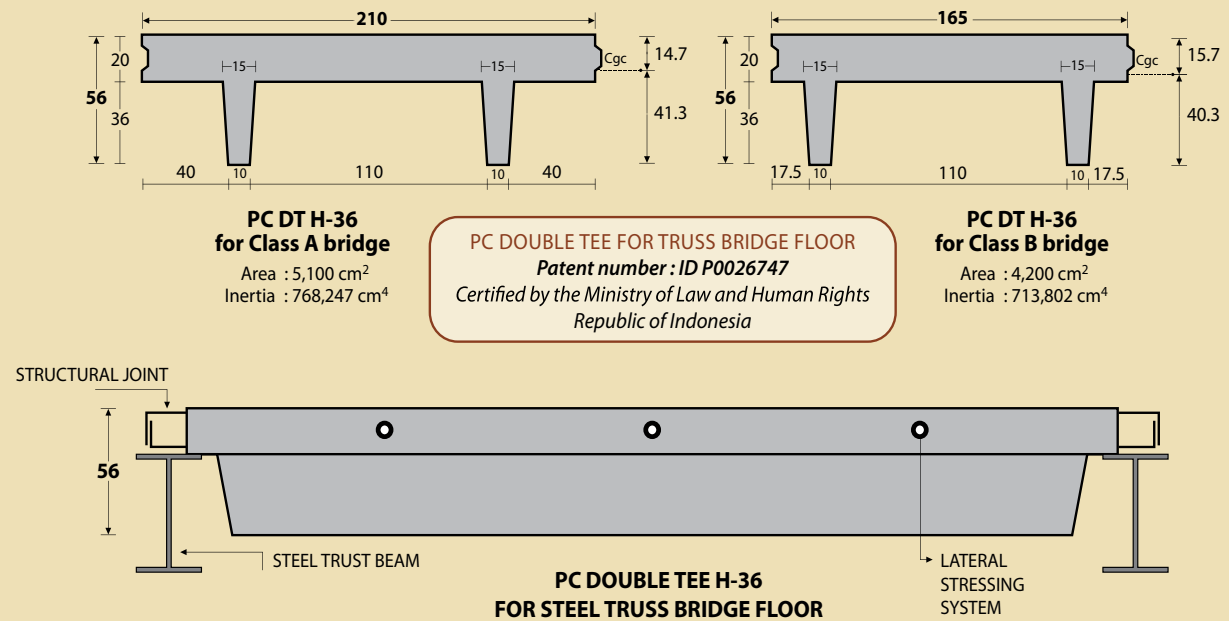
SEGMENT SHAPE & DIMENSION | PC - BOX GIRDER



PC BOX GIRDER SPECIFICATION

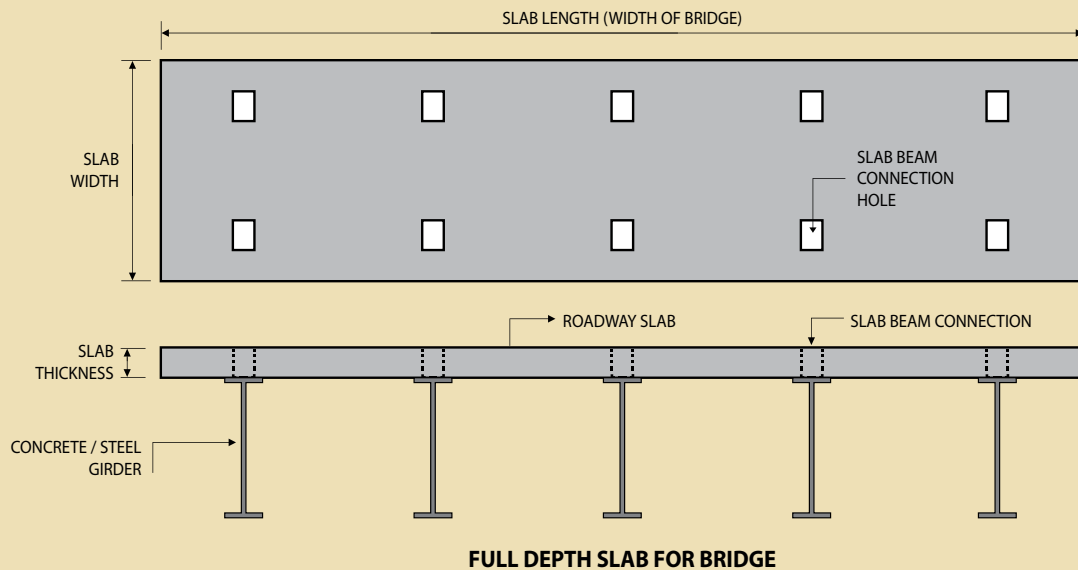
TYPE	SEGMENT LENGTH	NO. LANE	CASTING METHOD	LAUNCHING METHOD
PC BOX GIRDER H-250	2.4 to 3.0 m	2 traffic lane with 7 meter width	Short Line Method	Balanced Cantilever or Span by Span
PC BOX GIRDER H-240	2.4 to 2.7 m			

## SLAB SHAPE & DIMENSION | PC DOUBLE TEE FOR TRUSS BRIDGE FLOOR



**Note :**  
CLASS A : 7 (seven) meter width of trafic lane with additional 1 (one) meter kerb in each side of bridge  
CLASS B : 6 (six) meter width of trafic lane with additional 0.5 (half) meter kerb in each side of bridge

## SLAB SHAPE & SPECIFICATION | FULL DEPTH SLAB FOR CONCRETE/STEEL BRIDGE FLOOR



## PRODUCT APPLICATION



PC-I or PC U Girder for Bridges



Box Girder Bridges



Double Tee Slab for Bridge Floor



Full Depth Slab for Bridge Floor

# PC SHEET PILES

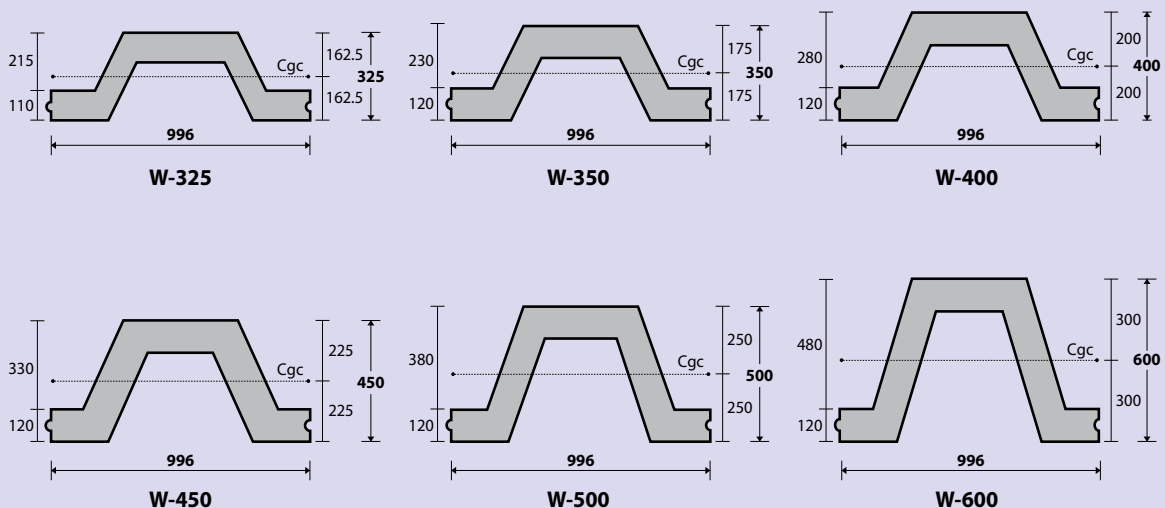
## DESCRIPTION

Type of Sheet Piles	CPC Sheet Piles : Corrugated Prestressed Concrete Sheet Piles FPC Sheet Piles : Flat Prestressed Concrete Sheet Piles FRC Sheet Piles : Flat Reinforced Concrete Sheet Piles
Method of Installation	Dynamic Pile Driving : 1. Vibro Hammer (corrugated type) + Water Jet (special requirement) 2. Diesel Hammer (flat type)

## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	JIS A 5326 - 1988 JIS A 5325 - 1981 SNI 2847 - 2013	Prestressed Concrete Sheet Piles Reinforced Concrete Sheet Piles Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	JIS A 5326 - 1988 JIS A 5325 - 1981 WB - PRD - PS - 16	Prestressed Concrete Sheet Piles Reinforced Concrete Sheet Piles Production Manufacturing Procedure

## PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | CORRUGATED PRESTRESSED CONCRETE SHEET PILES



## CPC SHEET PILES SPECIFICATION

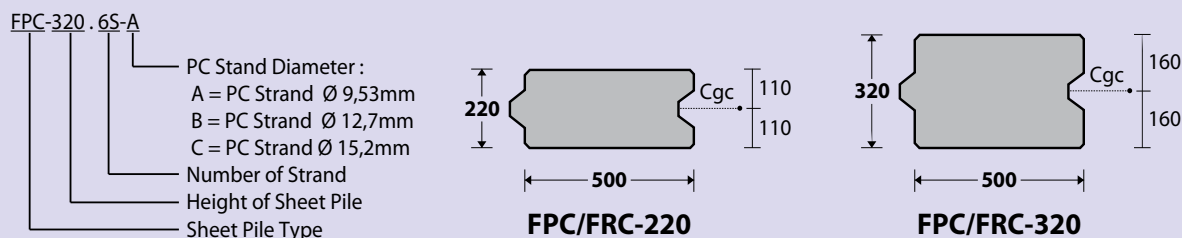
Concrete Compressive Strength  $f_c' = 62 \text{ MPa}$  (Cube 700 kg/cm<sup>2</sup>)

Type	Width (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Moment (ton.m) Crack	Moment (ton.m) Break	Allow. Service Moment (ton.m) Temporary	Allow. Service Moment (ton.m) Permanent	Length* (m)
W-325	996	1,315	134,264	329	A	11.40	22.80	10.07	6.74	8 - 15
					B	13.30	26.60	11.97	8.64	8 - 16
W-350	996	1,468	169,432	368	A	15.60	31.20	14.04	10.14	9 - 17
					B	17.00	34.00	15.44	11.54	10 - 18
W-400	996	1,598	248,691	400	A	20.10	40.20	18.10	13.08	10 - 18
					B	23.40	46.80	21.40	16.38	11 - 20
W-450	996	1,835	353,363	459	A	26.90	53.80	24.37	18.04	11 - 20
					B	30.70	61.40	28.17	21.84	12 - 21
W-500	996	1,818	462,373	455	A	35.20	70.40	32.22	24.76	12 - 22
					B	40.40	80.80	37.42	29.96	13 - 24
W-600	996	2,078	765,907	520	A	50.60	101.20	46.48	36.19	14 - 25
					B	59.60	119.20	55.48	45.19	15 - 27

Note : \* Length of Concrete Corrugated Sheet Piles may exceed usual standard whenever lifted in certain position



## PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | FLAT CONCRETE SHEET PILES



### FRC SHEET PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength (Class A)  $f_c' = 28 \text{ MPa}$  (Cube 350 kg/cm<sup>2</sup>)  
Concrete Compressive Strength (Class B)  $f_c' = 42 \text{ MPa}$  (Cube 500 kg/cm<sup>2</sup>)

Type	Width (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Moment Crack (ton.m/0.5m)	Moment (ton.m/0.5m) Capacity	Moment (ton.m/0.5m) Breaking	Length * (m)
FRC-220	500	1,085	43,802	271	A	1.50	3.20	4.00	4 - 7
					B	1.84	4.70	5.88	4 - 7
FRC-320	500	1,585	135,455	396	A	3.20	5.01	6.26	4 - 8
					B	3.92	7.41	9.26	4 - 9

### FPC SHEET PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 42 \text{ MPa}$  (Cube 500 kg/cm<sup>2</sup>)

Type	Width (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Moment Crack (ton.m/0.5m)	Service Moment (ton.m/0.5m)		Length * (m)
							Temporary	Permanent	
FPC-220	500	1,085	43,802	271	6S-A	3.38	2.85	1.54	4 - 9
					8S-A	3.85	3.32	2.01	4 - 10
					10S-A	4.30	3.77	2.46	4 - 10
					6S-B	4.48	3.95	2.64	4 - 11
					8S-B	5.22	4.69	3.38	4 - 11
					6S-C	5.39	4.86	3.55	4 - 12
					10S-B	5.89	5.36	4.05	4 - 12
					8S-C	6.31	5.78	4.47	4 - 13
FPC-320	500	1,585	135,455	396	6S-A	6.24	5.12	2.32	4 - 10
					8S-A	6.98	5.86	3.06	4 - 11
					10S-A	7.70	6.58	3.78	4 - 12
					6S-B	7.98	6.86	4.06	4 - 12
					12S-A	8.39	7.27	4.47	4 - 12
					14S-A	9.07	7.95	5.15	4 - 12
					8S-B	9.21	8.09	5.29	4 - 13
					6S-C	9.51	8.39	5.59	4 - 13
					16S-A	9.73	8.61	5.81	4 - 13
					10S-B	10.37	9.25	6.45	4 - 13
					8S-C	11.12	10.00	7.20	4 - 14
					12S-B	11.48	10.36	7.56	4 - 14
					14S-B	12.53	11.41	8.61	4 - 15
					10S-C	12.62	11.50	8.70	4 - 15
					16S-B	13.52	12.40	9.60	4 - 15

Note : \* Length of Flat Prestressed Concrete Sheet Piles may exceed usual standard whenever lifted in certain position

### PRODUCT APPLICATION



Retaining Wall



River Normalization



Underpass Wall



Breakwater Structure

# CONCRETE PIPES

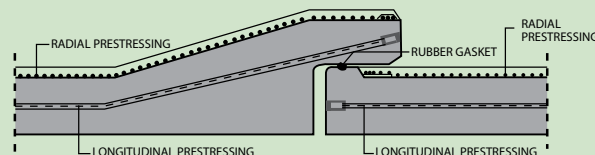
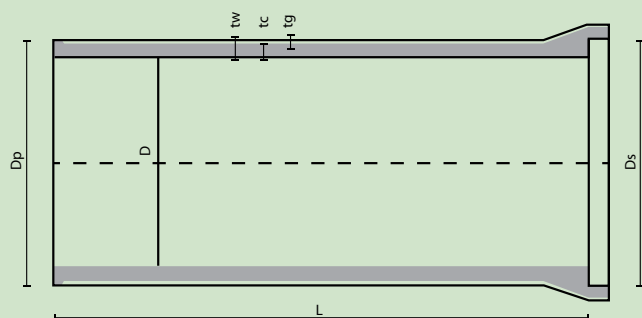
## DESCRIPTION

Type of Pipes	:	PC Pipes ( Prestressed Concrete Pipes (Core Type) ) RC Pipes ( Reinforced Concrete Pipes )
System of Joints	:	Socket joint with rubber rings

## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	JIS A 5332 - 1980 JIS A 5333 - 1983 SNI 2847 - 2013 EN 642-1994	Rolled Reinforced Concrete Pipes Core Type Prestressed Concrete Pipes Indonesian Standard Code for Concrete Prestressed Concrete Pressure Pipes
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

## PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE PIPES



- A concrete core pipe which is longitudinally prestressed with pretensioned high tensile steel wire embedded in the concrete.
- Circumferential prestressing with high tensile steel wire wound around the outside of the core in one or more layers at a predetermined stress and fastened securely at its ends.
- A coating of concrete or mortar, covering and protecting the wire.
- A self centering joint which is watertight under all conditions of service.

## PC PIPES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength of Core  $f_c'$  50 MPa  
Concrete Compressive Strength of Cover Coating  $f_c'$  35 MPa

Nominal Diameter (mm)	Effective Length (mm) (L)	Thickness of Pipes (mm)			Diameter (mm)		Theoretical Weight of Pipe (kg)		Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
		Core (tc)	Coating (tg)	Total (tw)	Outer (OD)	Inner (ID)			Strength to Internal Pressure test (kg/cm²) **				
							18	14	10	6	4		
							Strength to External Pressure test (kg/cm²) ***						
600	5000/6000	44	25	69	738	600	1950	2313	11000	9500	7800	6100	5200
700	5000/6000	46	25	71	842	700	2300	2730	11300	9600	7900	6100	5200
800	5000/6000	50	25	75	950	800	2800	3315	12000	10200	8400	6400	5500
900	5000/6000	55	25	80	1060	900	3500	4116	13000	11000	8800	6700	5600
1000	5000/6000	60	25	85	1170	1000	4000	4724	13800	11700	9400	7300	6100
1100	5000/6000	65	25	90	1280	1100	4650	5491	14400	12100	10000	7600	6100
1200	5000/6000	70	25	95	1390	1200	5550	6516	15100	12800	10500	8100	6900
1350	5000/6000	75	25	100	1550	1350	6600	7739	15700	13300	10800	8200	6900
1500	5000/6000	85	25	110	1720	1500	8400	9791	16900	14300	11800	9000	7500
1500 *	5000/6000	95	25	120	1740	1500	9253	10780	16900	14300	11800	9000	7500
1650	5000/6000	95	25	120	1890	1650	9650	11177	18000	15500	12700	9700	8000
1800	5000/6000	100	25	125	2050	1800	11200	12795	19000	16100	12900	9800	8200
2000	5000/6000	110	25	135	2270	2000	13650	15384	20000	16500	13700	10300	8500

Note: \*) Additional standard dimension based on Bili-Bili Project

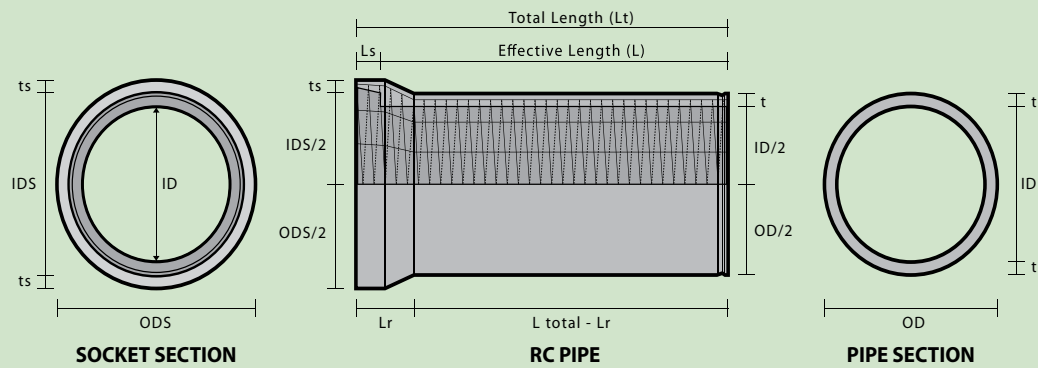
\*\*) Pipes shall no crack larger than 0.05mm in width on the pipes bodies under the test of external pressure given in table above

\*\*\*) The Strength to Internal Pressure test of pipes shall be enough to withstand the pressure above

- Additional standard dimension of the pc pipes can be changed to accomodate internal pressure test until 25 bar as project needed.
- Wika Beton can produce pc pipes with nominal diameter until 2500 mm.



PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | REINFORCED CONCRETE PIPES



RC PIPES DIMENSION

Unit in millimeter

Nominal Diameter (mm)	Effective Length (L)	Total Length (Lt)	Pipe Dimension			Socket Dimension				
			Inner (ID)	Outer (OD)	Thickness (t)	Inner (IDS)	Outer (ODS)	Thickness (ts)	Depth (Ls)	Length (Lr)
600	2430	2530	600	700	50	704	804	50	100	235
700	2430	2535	700	816	58	820	936	58	105	255
800	2430	2540	800	932	66	936	1068	66	110	280
900	2430	2545	900	1050	75	1054	1204	75	115	310
1000	2430	2550	1000	1164	82	1168	1332	82	120	330
1100	2430	2555	1100	1276	88	1282	1458	88	125	350
1200	2430	2560	1200	1390	95	1396	1586	95	130	375
1350	2430	2565	1350	1556	103	1562	1768	103	135	400
1500	2430	2570	1500	1724	112	1730	1954	112	140	430

RC PIPES SPECIFICATION

Nominal Diameter (mm)	Weight (kg)	Class 1 / fc'30MPa		Class 2 / fc'50MPa		Class 2K* / fc'30MPa		Class 4K* / fc'50MPa		Class 6K* / fc'50MPa	
		Cracking Load ** (kg/m)	Breaking Load *** (kg/m)	Cracking Load ** (kg/m)	Breaking Load *** (kg/m)	Cracking Load ** (kg/m)	Breaking Load *** (kg/m)	Cracking Load ** (kg/m)	Breaking Load *** (kg/m)	Cracking Load ** (kg/m)	Breaking Load *** (kg/m)
600	673	2000	3600	3700	7400	2600	5200	3200	6400	3700	7400
700	915	2200	4300	4100	8200	2900	5800	3500	7000	4100	8200
800	1199	2400	4900	4500	9000	3200	6400	3800	7600	4500	9000
900	1549	2600	5500	4800	9600	3400	7100	4800	9600	-	-
1000	1891	2800	6100	5200	10400	3600	7600	5200	10400	-	-
1100	2244	2900	6700	5400	10800	3800	8400	5400	10800	-	-
1200	2660	3000	7300	5600	11200	4000	8800	5600	11200	-	-
1350	3257	3200	8300	6000	12000	4200	9700	6000	12000	-	-
1500	3961	3400	9300	6400	12800	4500	10400	6400	12800	-	-

Note : \*) The Strength to Internal Pressure test of pipes shall be enough to withstand the hydrostatic pressure as follow : 2K= 0.2MPa; 4K=0.4MPa; 6K=0.6MPa.  
\*\*) The cracking load means the load at which a crack of 0.05mm width takes place in the pipe body  
\*\*\*) The breaking load means the maximum load show by the tasting machine

PRODUCT APPLICATION



Water Supply Distribution



Flood Control System



Irrigation Water System



Waste Water System

# RC BOX CULVERT & U-DITCH

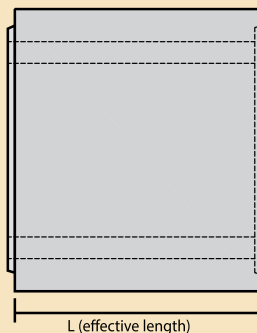
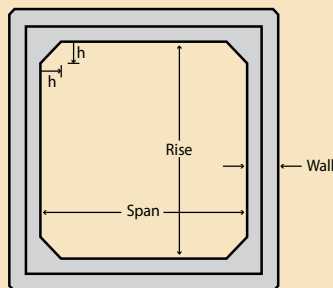
## DESCRIPTION

Type of Ditch : Reinforced Concrete Box Culvert  
System of Joints : Spigot Joint

## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design : SNI 2847 - 2013 (Indonesian Standard Code for Concrete)  
AASHTO-LRFD (Design Code for Box Culverts)  
Manufacturing : SNI 03 - 2847 - 2002 (Indonesian Standard Code for Concrete)

## BOX CULVERT | PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION



### PRODUCT IDENTIFICATION

**BC-A. 1000.1600.1200**

Effective Length  
Rise  
Span  
Load Class  
Product Type

## DIMENSION SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 35 \text{ MPa}$

Type Box Culvert	Dimension (mm)					Weight (kg/pcs)
	Span	Rise	Length	Wall	(h)	
BC.800.800.1200	800	800	1200	115	70	1.292
BC.800.1000.1200	800	1000	1200	115	70	1.430
BC.800.1200.1200	800	1200	1200	115	70	1.568
BC.1000.1000.1200	1000	1000	1200	120	100	1.673
BC.1000.1200.1200	1000	1200	1200	120	100	1.817
BC.1000.1400.1200	1000	1400	1200	120	100	1.961
BC.1000.1500.1200	1000	1500	1200	120	100	2.033
BC.1200.1200.1200	1200	1200	1200	135	100	2.223
BC.1200.1400.1200	1200	1400	1200	135	100	2.385
BC.1200.1600.1200	1200	1600	1200	135	100	2.547
BC.1400.1400.1200	1400	1400	1200	150	150	2.925
BC.1400.1600.1200	1400	1600	1200	150	150	3.105
BC.1400.1800.1200	1400	1800	1200	150	150	3.285
BC.1500.1000.1200	1500	1000	1200	160	150	2.842
BC.1500.1500.1200	1500	1500	1200	160	150	3.322
BC.1500.2000.1200	1500	2000	1200	160	150	3.802
BC.2000.1500.1200	2000	1500	1200	250	200	6.240
BC.2000.2000.1500	2000	2000	1200	250	200	6.990
BC.2000.2500.1200	2000	2500	1200	250	200	7.740
BC.2500.2000.1200	2500	2000	1200	300	200	9.420
BC.2500.2500.1200	2500	2500	1200	300	200	10.320
BC.2500.3000.1200	2500	3000	1200	300	200	11.220
BC.3000.2000.1200	3000	2000	1200	300	250	10.455
BC.3000.2500.1200	3000	2500	1200	300	250	11.355
BC.3000.3000.1200	3000	3000	1200	300	250	12.255
BC.3000.3500.1200	3000	3500	1200	300	250	13.155

## LOAD CLASSIFICATION

Class	Load Type	Loading
A	Pedestrian Load	$qLL = 500 \text{ kg/m}^2$ or $PL = 2 \text{ Ton}$
B	Light Duty Truck	MST - 8 Ton
C	Heavy Duty Truck	MST - 10 Ton

Note: MST = Muatan Sumbu Terberat (Heaviest Axle Load Vehicle)

## PRODUCT APPLICATION



Product Delivery



Box Culvert Installation

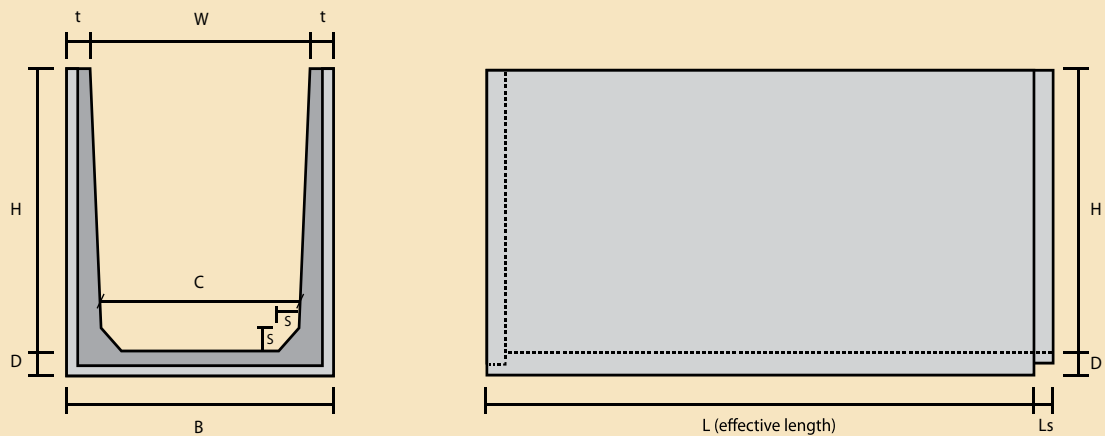


Highway Crossing Drainage



Pedestrian Crossing Underpass

## U-DITCH | PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION



Concrete Compressive Strength  $f_c' = 28 \text{ MPa}$

Type	Eff. Length ( L ) (mm)	Dimension (mm)								Weight (kg/pcs)	
		(W)	(H)	(B)	(C)	(D)	(t)	(s)	(Ls)	L=1200	L=2400
300 x 200	1200 / 2400	300	200	390	294	60	45	40	40	131	262
300 x 300	1200 / 2400	300	300	390	294	60	45	40	40	159	318
300 x 400	1200 / 2400	300	400	390	294	60	45	40	40	187	374
300 x 500	1200 / 2400	300	500	390	294	60	45	40	40	215	430
400 x 300	1200 / 2400	397	300	500	390	70	52	70	70	216	432
400 x 400	1200 / 2400	400	400	500	390	70	50	70	70	247	494
400 x 500	1200 / 2400	400	500	500	390	70	50	70	70	278	556
400 x 600	1200 / 2400	400	600	500	390	70	50	70	70	310	620
500 x 300	1200 / 2400	494	300	640	488	70	73	70	70	284	568
500 x 400	1200 / 2400	497	400	640	488	70	72	70	70	327	654
500 x 500	1200 / 2400	500	500	640	488	70	70	70	70	369	738
500 x 600	1200 / 2400	500	600	640	488	70	70	70	70	413	826
500 x 700	1200 / 2400	500	700	640	488	70	70	70	70	457	914
600 x 400	1200 / 2400	594	400	740	584	70	73	70	70	352	704
600 x 500	1200 / 2400	597	500	740	584	70	72	70	70	396	792
600 x 600	1200 / 2400	600	600	740	584	70	70	70	70	438	876
600 x 700	1200 / 2400	600	700	740	584	70	70	70	70	483	966
600 x 800	1200 / 2400	600	800	740	584	70	70	70	70	527	1054
800 x 600	1200 / 2400	795	600	940	780	70	73	70	70	488	976
800 x 700	1200 / 2400	797	700	940	780	70	72	70	70	532	1064
800 x 800	1200 / 2400	800	800	940	780	70	70	70	70	574	1148
800 x 1000	1200 / 2400	800	1000	940	780	70	70	70	70	664	1328
800 x 1200	1200 / 2400	800	1200	940	780	70	70	70	70	754	1508
1000 x 800	1200 / 2400	978	800	1180	900	100	101	100	100	974	1948
1000 x 1000	1200 / 2400	1000	1000	1180	900	100	90	100	100	1089	2178
1000 x 1200	1200 / 2400	1000	1200	1180	900	100	90	100	100	1227	2454
1000 x 1400	1200 / 2400	1000	1400	1180	900	100	90	100	100	1365	2730
1200 x 1000	1200 / 2400	1178	1000	1390	1080	105	106	100	100	1266	2532
1200 x 1200	1200 / 2400	1200	1200	1390	1080	105	95	100	100	1386	2772
1200 x 1400	1200 / 2400	1200	1400	1390	1080	105	95	100	100	1536	3072
1200 x 1600	1200 / 2400	1200	1600	1390	1080	105	95	100	100	1686	3372
1400 x 1200	1200 / 2400	1378	1200	1620	1260	150	121	120	120	1877	3754
1400 x 1400	1200 / 2400	1400	1400	1620	1260	150	110	120	120	2015	4030
1400 x 1600	1200 / 2400	1422	1600	1620	1260	150	99	120	120	2141	4282
1400 x 1800	1200 / 2400	1444	1800	1620	1260	150	88	120	120	2253	4506
1600 x 1400	1200 / 2400	1576	1400	1840	1440	170	132	150	150	2431	4862
1600 x 1600	1200 / 2400	1600	1600	1840	1440	170	120	150	150	2578	5156
1600 x 1800	1200 / 2400	1620	1800	1840	1440	170	110	150	150	2720	5440
1600 x 2000	1200 / 2400	1642	2000	1840	1440	170	99	150	150	2845	5690

# MARINE CONCRETE PRODUCT

## DESCRIPTION

Type of Marine Product

A - Jack ( Concrete Armor unit on Breakwaters )  
Tetrapod ( Concrete Armor unit on Breakwaters )  
Precast Harbour

## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design

SNI 2847 - 2013

Manufacturing

WB - PRD - PS -16

## PRODUCT APPLICATION



HARBOUR / JETTY STRUCTURE



TRESTLE STRUCTURE



CONCRETE ARMOR

## PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | A-JACK CONCRETE ARMOR UNIT



Armor Type	Weight ( ton )	Width ( mm )	Concrete Compressive Strength
A-Jack 1.3t	1,3	2000	f <sub>c</sub> ' = 28 MPa ( Cube 350 kg/cm <sup>2</sup> )
A-Jack 4.0t	4,0	3050	
A-Jack 10t	10,0	3050	

## PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | TETRAPOD CONCRETE ARMOR UNIT



Armor Type	Weight ( ton )	Width ( mm )	Concrete Compressive Strength
Tetrapod 0.5t	0,5	900	f <sub>c</sub> ' = 28 MPa ( Cube 350 kg/cm <sup>2</sup> )
Tetrapod 1.0t	1,0	1130	
Tetrapod 2.0t	2,0	1420	
Tetrapod 4.5t	4,5	1870	
Tetrapod 6.0t	6,0	2050	



## PRECAST HARBOUR | PROJECT REFERENCE

### | Port of Malahayati



PRECAST PILE CAP



PRECAST FENDER



PRECAST HALF SLAB

A new 10,000 DWT Malahayati Harbour Project is a part of government project for rehabilitate and reconstruction facilities in Nanggroe Aceh Darussalam Province after tsunami disaster in 2004.

The harbour uses a precast components for pile cap, beam and half slab to ensure the quality of material and fast construction method. Precision of precast concrete is the main for success of this project.

### | Port of Sabang



PRECAST PILE CAP



PRECAST U-BEAM



PRECAST SLAB

A new Sabang Bay Harbour which located in Nanggroe Aceh Darussalam province, is design to be a CT3 transit harbour that can also accommodate 10,000 DWT boat. The purpose of this harbour is to support development around Sabang area in coming year as a business and tourism hub. The harbour is designed with precast component for pile cap, U-shell beams and half slab to ensure the quality of material and fast construction method.

### | Trestle at Cirebon Coal Electric Power Plant 1x660MW



The 2-kilometer trestle at the Cirebon Coal Electrical Power Plant Area is use to distribute the coal consumed to drive the 660 MW power plant. The Trestle uses a 20-meter long of precast PC-I girder with high concrete compression strength rods for its upper structure.

# HOLLOW CORE SLAB

## DESCRIPTION

## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	SNI 2847 - 2013 ACI 318 PCI	Indonesian Standard Code for Concrete American Concrete Institute Manual for the design of Hollow Core Slab
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure of WIKA Beton

## THE REASONS



Flexible



Tidy



Easy

## MATERIAL SPECIFICATION

PC Strand	: Uncoated 7-wire for prestressed concrete low-relaxation strand grade 270 (ASTM A416-90a)
Concrete	: C40/50 (f'c 40 MPa / Cube 500 kg/cm <sup>3</sup> ) - HCS C30/35 (f'c 30 MPa / Cube 350 kg/cm <sup>3</sup> ) - Topping

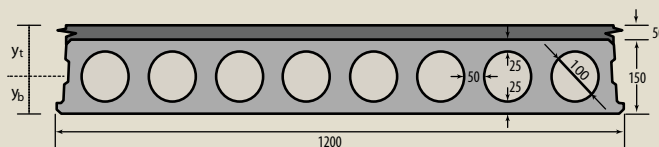
## PRODUCT IDENTIFICATION

**150 . 8 . 5 - 09**

- PC Stand Diameter :  
- 09 ( PC Strand Ø 9,53 mm )  
- 12 ( PC Strand Ø 12,7 mm )
- Number of PC Strands
- Number of HCS holes
- HCS Type

## PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION

### HCS 150



## Table of Superimposed load\* (kN/m<sup>2</sup>)

### HCS 150 (No Topping)

HCS Type	ØMn	ØVcw	Span [m]								
	kN.m	kN	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
150.8.4-09	43.9	63.5	9.6	7.1	5.3	4.0	3.0				
150.8.5-09	54.0	64.3	9.8	7.9	6.3	4.8	3.7				
150.8.6-09	63.8	65.2	11.9	9.5	7.3	5.6	4.4	3.4			
150.8.7-09	73.3	66.0	13.9	10.6	8.2	6.4	5.0	4.0	3.1		
150.8.8-09	82.6	66.8	15.0	11.6	9.0	7.1	5.6	4.5	3.6		
150.8.5-12	91.5	65.7	14.8	12.1	9.8	7.8	6.2	5.0	4.0	3.2	

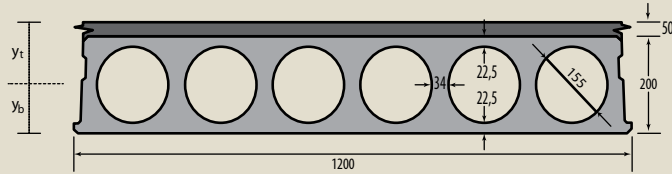
### HCS 150+50 (Topping 50mm)

HCS Type	ØMn	ØVcw	Span [m]									
	kN.m	kN	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	
150.8.4-09	57.2	85.7	12.5	9.3	6.6	4.6	3.0					
150.8.5-09	70.4	86.2	13.8	11.4	8.2	5.9	4.1					
150.8.6-09	83.2	86.7	16.7	13.2	9.7	7.1	5.1	3.6				
150.8.7-09	95.8	87.1	20.1	15.0	11.1	8.3	6.2	4.5	3.1			
150.8.8-09	108.1	87.6	20.2	16.7	12.5	9.4	7.1	5.3	3.9			
150.8.5-12	120.2	86.9	20.0	17.2	13.8	10.6	8.1	6.1	4.6	3.3		

\* 1. Superimposed load is total life load and dead load (not include HCS self weight, topping concrete and concrete joint fill weight)

2. Superimposed load on left side heavy line is determine by concrete shear strenge and on the right side heavy line is limited by concrete allowable tension stress value.

## HCS 200



**Table of Superimposed load (kN/m<sup>2</sup>) HCS 200 (No Topping)**

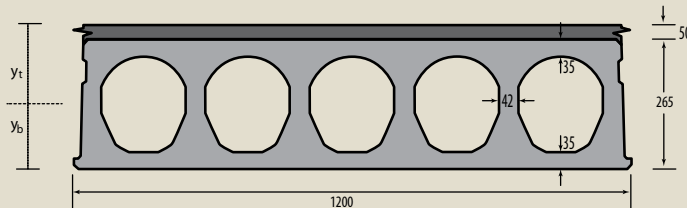
HCS Type	øMn	øVcw	Span [m]													
	kN.m	kN	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	
200.6.4-09	59.1	51.8	11.6	10.1	8.1	6.4	5.1	4.1	3.2							
200.6.5-09	72.9	52.5	11.8	10.3	9.1	7.9	6.2	5.0	4.0	3.1						
200.6.6-09	86.3	53.1	12.0	10.4	9.2	8.2	7.2	5.7	4.6	3.7	3.0					
200.6.7-09	99.5	53.8	12.1	10.6	9.3	8.1	7.5	6.5	5.3	4.3	3.5					
200.6.4-12	102.2	52.7	11.8	10.3	9.1	8.1	7.3	6.6	5.4	4.4	3.6	3.0				
200.6.5-12	125.2	53.5	12.1	10.5	9.3	8.3	7.4	6.7	6.1	5.4	4.5	3.7	3.1			
200.6.6-12	146.9	54.3	12.3	10.7	9.4	8.4	7.6	6.9	6.2	5.7	5.2	4.4	3.7	3.1		
200.6.7-12	166.1	55.1	12.5	10.9	9.6	8.6	7.7	7.0	6.3	5.8	5.3	4.9	4.3	3.7	3.1	

**HCS 200 + 50 (Topping 50mm)**

HCS Type	øMn	øVcw	Span [m]													
	kN.m	kN	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	
200.6.4-09	67.5	65.7	14.4	11.4	8.7	6.7	5.2	4.0	3.1							
200.6.5-09	83.7	66.2	14.5	12.6	11.0	9.5	7.2	5.4	4.0							
200.6.6-09	99.1	66.6	14.6	12.7	11.1	9.9	8.5	6.5	4.9	3.6						
200.6.7-09	114.2	67.1	14.7	12.8	11.2	9.9	8.9	7.6	5.9	4.5	3.3					
200.6.4-12	117.3	66.3	14.5	12.6	11.1	9.8	8.8	7.8	6.0	4.6	3.5					
200.6.5-12	143.7	66.9	14.7	12.7	11.2	9.9	8.9	8.0	7.2	6.0	4.7	3.6				
200.6.6-12	169.2	67.4	14.8	12.9	11.3	10.0	9.0	8.1	7.3	6.6	5.9	4.7	3.6			
200.6.7-12	193.6	68.0	14.9	13.0	11.4	10.1	9.1	8.2	7.4	6.7	6.1	5.6	4.5	3.6		



## HCS 265



**Table of Superimposed load (kN/m<sup>2</sup>)**

**HCS 265 (No Topping)**

HCS Type	øMn kN.m	øVcw kN	Span [m]													
			4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5
265.5.6-09	122.8	79.0	18.1	15.8	13.9	12.4	11.2	9.5	7.8	6.4	5.2	4.3	3.5			
265.5.8-09	160.4	80.5	18.4	16.1	14.2	12.7	11.5	10.4	9.5	8.0	6.7	5.6	4.6	3.8	3.2	
265.5.10-09	189.6	79.1	18.1	15.8	13.9	12.5	11.2	10.2	9.2	8.5	7.7	6.5	5.5	4.6	3.8	3.2
265.5.12-09	225.3	80.9	18.5	16.2	14.3	12.8	11.5	10.5	9.5	8.7	8.0	7.4	6.5	5.6	4.7	4.0
265.5.14-09	252.4	80.5	18.4	16.1	14.2	12.7	11.5	10.4	9.5	8.7	8.0	7.4	6.8	6.2	5.4	4.6
265.5.10-12	301.5	78.2	17.8	15.6	13.8	12.3	11.1	10.0	9.1	8.4	7.7	7.1	6.6	6.1	5.6	5.3

**HCS 265 + 50 (Topping 50mm)**

HCS Type	øMn kN.m	øVcw kN	Span [m]													
			4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5
265.5.6-09	135.0	93.8	21.0	18.3	16.1	14.4	12.9	10.1	8.2	6.7	5.3	4.1	3.0			
265.5.8-09	176.8	94.9	21.3	18.5	16.3	14.6	13.1	11.8	10.7	9.0	7.2	5.8	4.5	3.5		
265.5.10-09	209.6	93.5	20.9	18.2	16.1	14.3	12.8	11.6	10.5	9.6	8.6	7.0	5.7	4.5	3.5	
265.5.12-09	248.8	94.9	21.3	18.6	16.3	14.6	13.1	11.8	10.7	9.8	9.0	8.2	7.1	5.8	4.7	3.7
265.5.14-09	279.6	94.5	21.2	18.5	16.3	14.5	13.0	11.7	10.6	9.7	8.9	8.2	7.5	6.7	5.5	4.5
265.5.10-12	339.6	92.6	20.7	18.0	15.9	14.1	12.7	11.4	10.4	9.5	8.7	8.0	7.3	6.8	6.3	5.8

# HCS 320

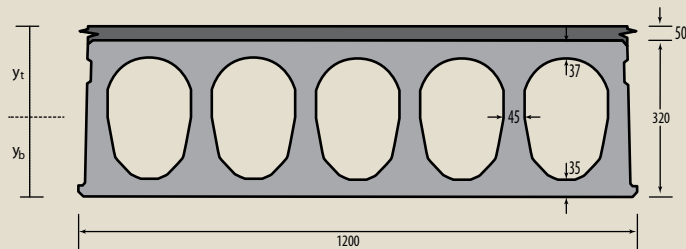


Table of Superimposed load (kN/m<sup>2</sup>)

HCS 320 (No Topping)

HCS Type	øMn kN.m	øVcw kN	Span [m]																	
			4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12	12.5
320.5. 6 - 09	155.1	103.2	23.9	21.0	18.6	16.6	15.0	12.6	10.5	8.7	7.3	6.1	5.1	4.2	3.4					
320.5. 8 - 09	204.6	104.9	24.4	21.3	18.9	16.9	15.3	13.9	12.7	11.0	9.3	7.8	6.6	5.5	4.6	3.9	3.2			
320.5.10 - 09	244.1	103.6	24.0	21.0	18.6	16.7	15.0	13.7	12.5	11.5	10.6	9.1	7.7	6.5	5.5	4.7	4.0	3.3		
320.5.12 - 09	282.8	103.1	23.9	20.9	18.6	16.6	15.0	13.6	12.4	11.4	10.5	9.7	8.8	7.5	6.5	5.5	4.7	4.0	3.4	
320.5.10 - 12	345.5	98.2	22.6	19.8	17.5	15.7	14.1	12.8	11.7	10.7	9.9	9.1	8.5	7.9	7.3	6.6	5.7	4.9	4.2	3.6
320.5.12 - 12	407.0	100.0	23.1	20.2	17.9	16.0	14.4	13.1	12.0	11.0	10.1	9.3	8.7	8.1	7.5	7.0	6.6	6.1	5.5	4.8

HCS 320 + 50 (Topping 50mm)

HCS Type	øMn kN.m	øVcw kN	Span [m]																	
			4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12	12.5
320.5. 6 - 09	164.8	118.9	27.1	23.7	21.0	18.7	15.5	12.7	10.4	8.6	7.1	5.8	4.8	3.8						
320.5. 8 - 09	217.7	120.1	27.4	24.0	21.2	18.9	17.0	15.4	14.1	12.5	10.3	8.4	6.8	5.5	4.4	3.4				
320.5.10 - 09	260.0	118.7	27.1	23.6	20.9	18.7	16.8	15.2	13.9	12.7	11.6	10.0	8.3	6.8	5.6	4.5	3.6			
320.5.12 - 09	301.4	118.1	26.9	23.5	20.8	18.6	16.7	15.1	13.8	12.6	11.6	10.7	9.7	8.1	6.7	5.5	4.5	3.6		
320.5.10 - 12	374.1	110.9	25.0	21.8	19.3	17.2	15.4	14.0	12.7	11.6	10.6	9.8	9.0	8.4	7.8	7.0	5.8	4.8	3.9	3.1
320.5.12 - 12	451.3	112.1	25.4	22.1	19.5	17.4	15.6	14.2	12.9	11.8	10.8	9.9	9.2	8.5	7.9	7.3	6.8	6.4	5.5	4.6

# HCS 400

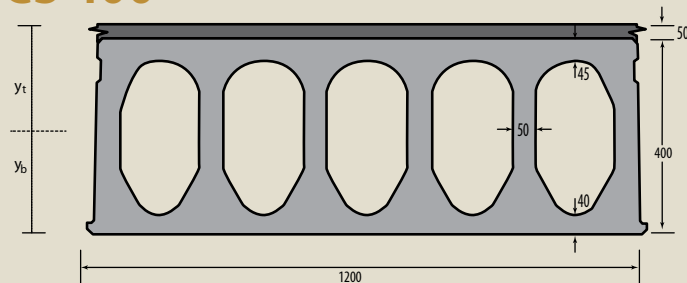


Table of Superimposed load (kN/m<sup>2</sup>)

HCS 400 (No Topping)

HCS Type	øMn kN.m	øVcw kN	Span [m]																	
			4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12	12.5
400.5.10 - 09	267.8	134.5	31.3	27.4	24.3	21.8	19.7	17.9	16.3	15.0	13.8	12.0	10.3	8.9	7.6	6.6	5.7	4.9	4.2	3.6
400.5.12 - 09	329.2	136.2	31.8	27.8	24.7	22.1	20.0	18.1	16.6	15.2	14.1	13.0	12.1	11.2	10.2	8.9	7.8	6.8	6.0	5.1
400.5.14 - 09	389.4	137.9	32.2	28.2	25.0	22.4	20.3	18.4	16.8	15.5	14.3	13.2	12.3	11.4	10.7	10.0	9.4	8.4	7.3	6.4
400.5.10 - 12	459.0	137.4	32.1	28.1	24.9	22.3	20.2	18.3	16.7	15.4	14.2	13.2	12.2	11.4	10.6	9.9	9.3	8.8	8.2	7.6
400.5.12 - 12	546.5	139.6	32.6	28.6	25.4	22.7	20.5	18.7	17.1	15.7	14.5	13.4	12.5	11.6	10.9	10.2	9.5	9.0	8.4	8.0

HCS 400 + 50 (Topping 50mm)

HCS Type	øMn kN.m	øVcw kN	Span [m]																	
			4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12	12.5
400.5.10 - 09	282.7	149.2	34.3	29.9	26.5	23.7	21.3	19.3	17.6	16.2	14.1	12.0	10.2	8.7	7.4	6.3	5.3	4.5	3.7	3.1
400.5.12 - 09	346.5	150.5	34.6	30.3	26.8	23.9	21.6	19.6	17.8	16.3	15.0	13.9	12.9	11.9	10.1	8.7	7.5	6.5	5.6	4.8
400.5.14 - 09	409.1	155.1	35.8	31.3	27.7	24.8	22.4	20.3	18.5	17.0	15.6	14.4	13.4	12.4	11.6	10.8	10.1	8.5	7.4	6.4
400.5.10 - 12	483.3	151.8	35.0	30.6	27.0	24.2	21.8	19.8	18.0	16.5	15.2	14.0	13.0	12.1	11.2	10.5	9.8	9.2	8.6	7.9
400.5.12 - 12	576.5	153.7	35.4	31.0	27.4	24.5	22.1	20.1	18.3	16.8	15.4	14.3	13.2	12.3	11.4	10.7	10.0	9.4	8.8	8.3



## HCS SECTION PROPERTIES

No	Description	Notation/Unit	HCS-150		HCS-200		HCS-265		HCS-320		HCS-400	
			No Topping	Topping	No Topping	Topping	No Topping	Topping	No Topping	Topping	No Topping	Topping
1	Area	A cm <sup>2</sup>	1117.5	--	1195.8	--	1624.6	--	1881.2	--	2368.0	--
2	Cgc to Bottom fiber	y <sub>b</sub> cm	7.4	10.6	9.9	13.7	13.1	17.0	15.7	19.8	19.5	23.7
3	Cgc to Top fiber	y <sub>t</sub> cm	7.6	9.4	10.1	11.3	13.4	14.5	16.3	17.2	20.5	21.3
4	Moment of Inertia	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	28,987	66,028	60,891	119,578	144,180	244,320	243,068	388,344	471,645	697,613
5	Bottom Section Modulus	Z <sub>b</sub> cm <sup>3</sup>	3,900	6,213	6,157	8,722	10,974	14,387	15,500	19,658	24,153	29,483
6	Top Section Modulus	Z <sub>t</sub> cm <sup>3</sup>	3,829	7,044	6,022	10,590	10,790	16,828	14,894	22,518	23,037	32,691
7	Concrete Shear Width	b <sub>w</sub> cm	34.7	34.7	21.5	21.5	23.4	23.4	24.9	24.9	28.4	28.4
8	Unit weight of HCS	w kg/m'	268.2	412.2	287.0	431.0	389.9	533.9	451.5	595.5	568.3	712.3
9	Joint fill weight	q kg/m'	13.0	13.0	17.3	17.3	22.8	22.8	27.5	27.5	34.3	34.3

## PRODUCT IMPLEMENTATION



Precast Column Installation



HCS Installation



Precast Beam Installation



HCS Installation



Application on Building



Detail Joint Installation

## PRODUCT APPLICATION



Warehouse Floors



Offices and Apartment Floors



Car Park Floors

# PC CYLINDER PILES

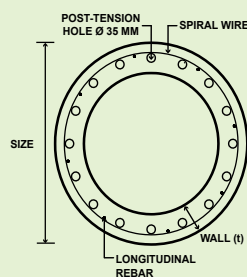
## DESCRIPTION

Type of Piles	Prestressed Concrete Cylinder Piles
Method of Driving	Diesel Hammer or Hydraulic Hammer

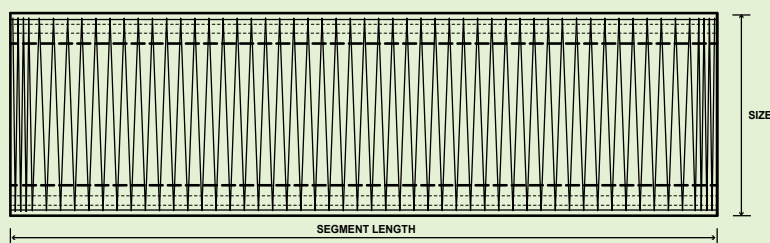
## DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543 SNI 2847 - 2013	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE CYLINDER PILES



PILE SECTION



PILE SEGMENT

## PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ MPa}$  (Cube 600 kg/cm<sup>2</sup>)

Size (mm)	Thickness Wall (t) (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (ton/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Cylinder Pile Length (m) Single / Double*
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)		
800	120	2,563	1,527,869	0,64	A	40	65	410	24 / 36
					B	55	80	390	24 / 36
					C	65	120	370	30 / 42
					D	75	130	355	30 / 42
1000	140	3,782	3,589,571	0,96	A	75	110	600	24 / 36
					B	105	175	560	30 / 42
					C	120	220	550	30 / 48
					D	135	245	530	36 / 48
1200	150	4,948	6,958,136	1,24	A	120	140	800	30 / 48
					B	170	270	745	36 / 48
					C	200	310	710	36 / 54
					D	210	320	700	42 / 54
1500	170	7,103	15,962,533	1,78	A	220	265	1140	30 / 48
					B	300	440	1080	36 / 54
					C	340	520	1040	42 / 60
1800	200	10,053	32,672,563	2,51	A	370	425	1630	36 / 48
					B	470	650	1580	36 / 54
					C	520	770	1520	42 / 60
2000	200	11,309	46,369,907	2,83	A	480	535	1830	35 / 55
					B	590	790	1770	40 / 60
					C	670	965	1720	45 / 65

\*) Number of Pile Lifting Position on Handling Process for Pile Driving.

Case 1 = Single Lifting Point Position : Minimum 1/8 L from end of Pile.

Case 2 = Double Lifting Point Position : First Point Minimum 2m from end of Pile.

(using Pulley)

Second Point Minimum 1/3 L from end of Pile.

## MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 2049 - 2015	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 2834 - 2000 SNI 2493 - 2011	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
Rebar	SNI 2052 - 2014	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BJTS 40 (Deformed) Steel Class : BJTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2011	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.

## PRODUCTION, DISTRIBUTION, AND INSTALLATION PROCESS



Production Facility



Stockyard Facility



Post-tensioning



Assembled Pile



Loading Piles



Cylinder Pile Distribution



Cylinder Pile Driving



Cylinder Pile Driving

## PRODUCT APPLICATION



Sea Wall / Break Water



Bridge Pier Column



Port / Harbour Piles







# INNERBORE SYSTEM

## DESCRIPTION

High Bearing Capacity

Large Pile Diameter Installation  
(800mm - 1200mm)

Foot Protection Socket Bulb  
Construction by Hydraulic Expand  
Drill Bit  
Environmentally Friendly

High pile tip bearing capacity contribution.

Less disturbance between pile shaft friction and soil layer.

By using centrifugal casting form which give better density of concrete forming and realized the use of large diameter of precast spun pile with concrete compressive strength up to  $f_c' - 72$  Mpa.

Foot protection socket construction by expand drill bit and inject cement liquid to form pile end tip solid protection socket.

Well managed site layout, low noise and vibration, relatively clean from drilling mud (large capacity of soil hopper).

## ALLOWABLE BEARING CAPACITY OF THE GROUND

$$R_a = \frac{1}{3} \left\{ \alpha \cdot \bar{N} \cdot A_p + (\beta \cdot \bar{N}_s \cdot L_s + \gamma \cdot \bar{q}_u \cdot L_c) \psi \right\}$$

Pile Tip		$\alpha$	360
Pile Shaft Surface	General Part	$\beta_1$	1,5
		$\gamma_1$	$\gamma_1 \cdot \bar{q}_u = 15 + 0.125 \bar{q}_u$
	End Socket Part	$\beta_2$	3,5
		$\gamma_2$	$\gamma_2 \cdot \bar{q}_u = 20 + 0.400 \bar{q}_u$

$\alpha$  : Coefficient of pile tip bearing capacity

$\beta$  : Coefficient of pile shaft surface frictional force in cohesionless soil layer.

$\gamma$  : Coefficient of pile shaft surface frictional force in cohesive soil layer.

$\bar{N}$  : Average N Value of upper 1D part to lower 1D part from the pile tip elevation. However, if  $\bar{N}$  is greater than 60 then limit value to 60.

$A_p$  : Sectional area of pile tip ( $m^2$ ).

$\bar{N}_s$  : Average N Value of cohesionless soil layer where influence surface frictional force is considered. However,  $\bar{N}_s$  value must be considered between value range  $5 < \bar{N}_s \leq 60$ , if  $\bar{N}_s$  is greater than 60 then limit value to 60.

$\bar{q}_u$  : Unconfined compressive strength in cohesive soil layer where influence surface frictional force is considered. However,  $\bar{q}_u$  value can be only considered between value range  $15 < \bar{q}_u \leq 200$ , if  $\bar{q}_u$  is greater than 200 then limit value to 200. ( $kN/m^2$ )

$L_s$  : Pile length in cohesionless soil layer section, where influence surface frictional force is considered ( $m$ ). The end tip protection socket part (socket B) shouldn't be considered due to influence of end bearing stress bulb occur.

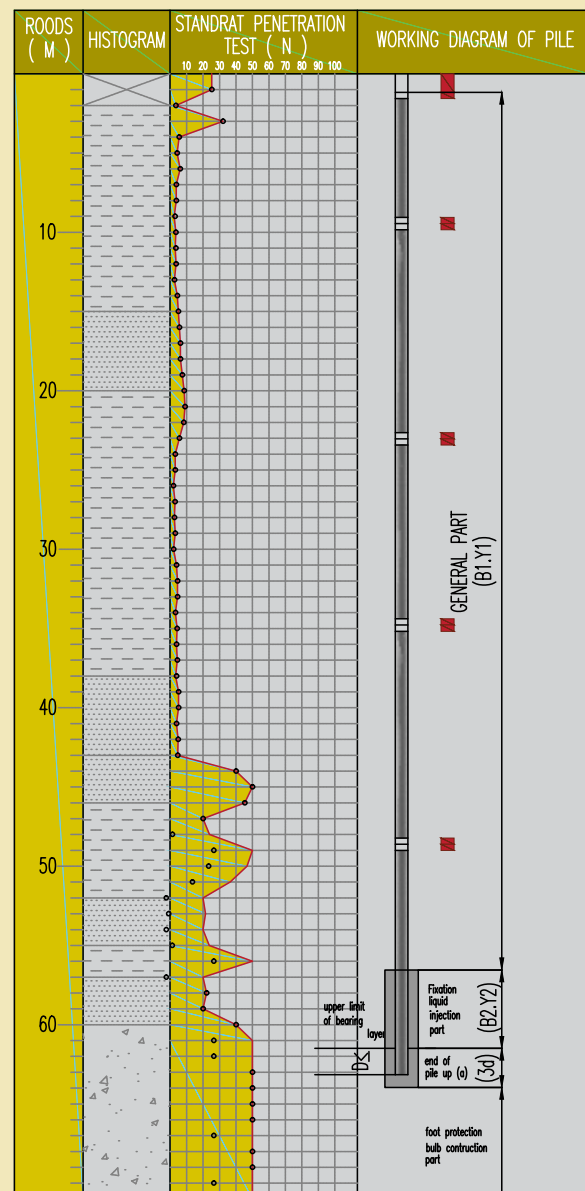
$L_c$  : Pile length in cohesive soil layer section, where influence surface frictional force is considered ( $m$ ). The end tip protection socket part (socket B) shouldn't be considered due to influence of end bearing stress bulb occur.

$\psi$  : Perimeter Length ( $m$ ) of Pile Cross Section ( $\psi = \pi \cdot D$ ).

Note :

The injection range of Cement Liquid injection socket A is from 2~6m up from the top position of the end tip protection socket part (socket B).

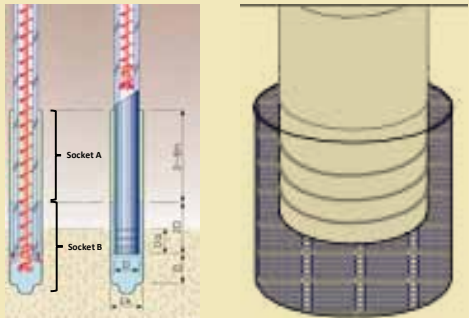
## IMAGE OF INSTALLATION OF THE PILE



INJECTION LIQUID

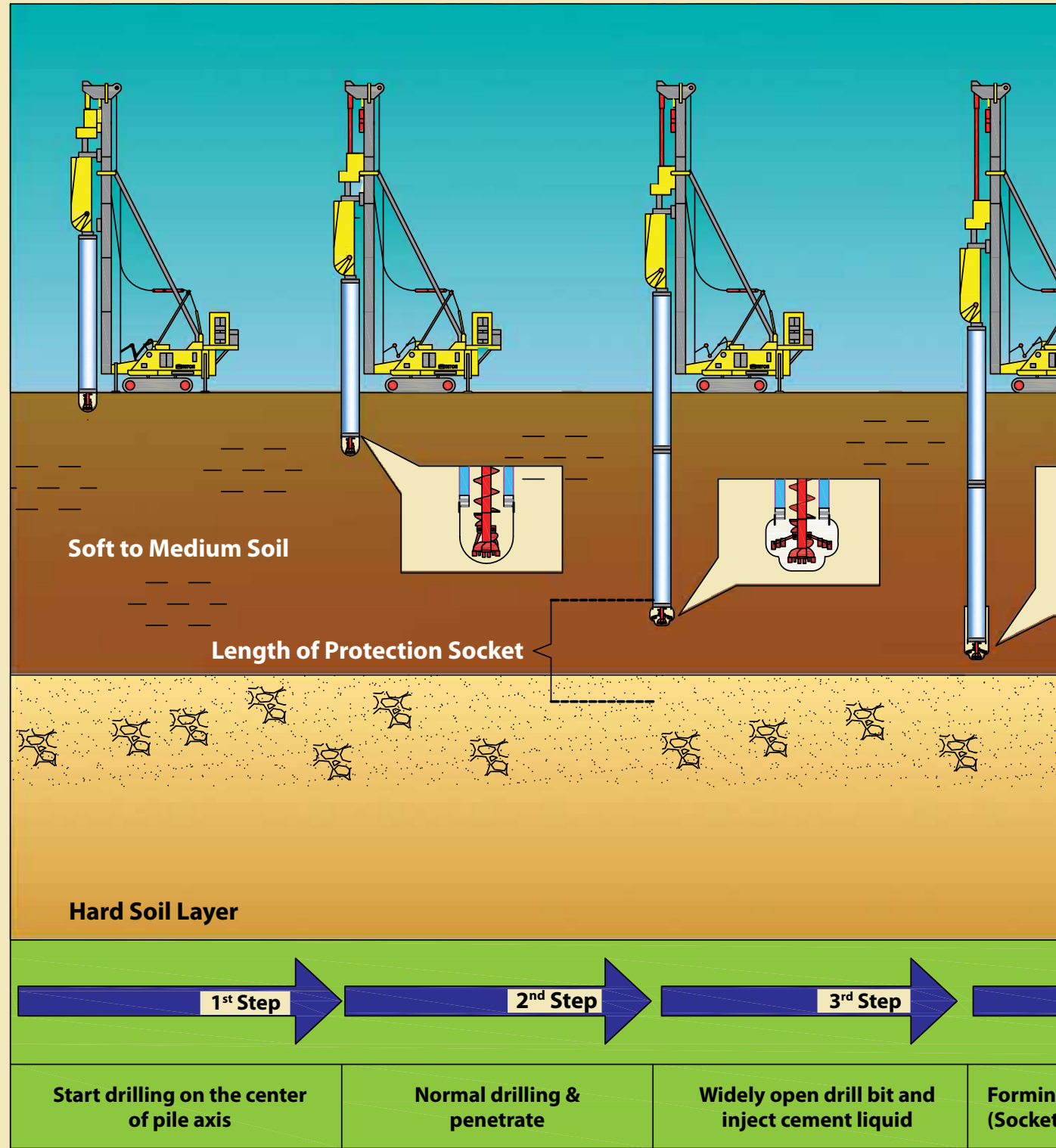
Socket Form by Cement Liquid Injection. (W/C Ratio 60~80%)

- **Socket A**  
Section that give an additional friction improvement at the edge pile shaft portion.
- **Socket B**  
Section that give bearing protection at the pile toe portion.



SOCKET DIAMETER ENLARGEMENT

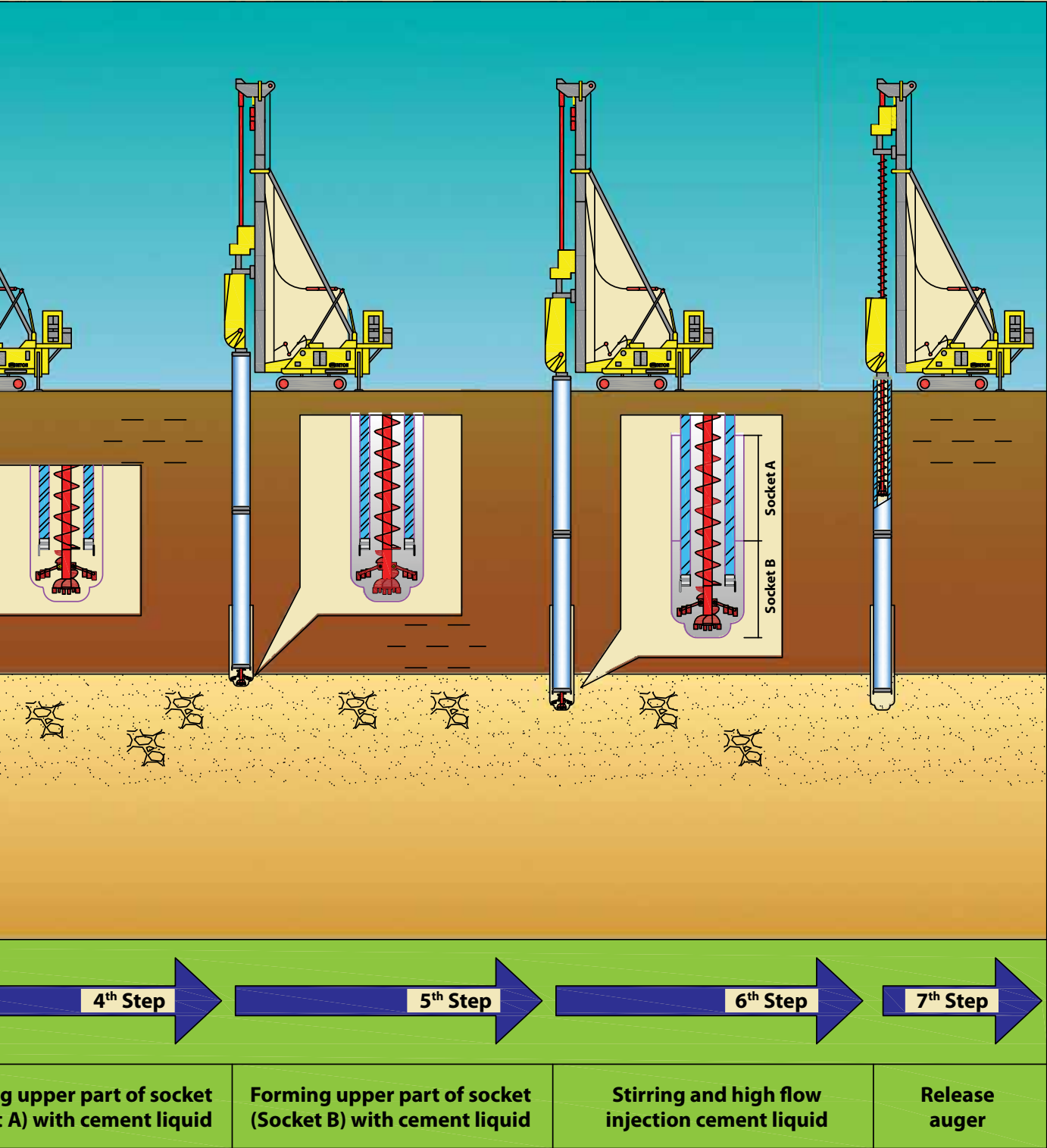
Pile Dia (D). [mm]	Φ 800	Φ 1000	Φ 1200
Enlargement Dia (Dk). [mm]	Φ 1090	Φ 1370	Φ 1640



CONSTRUCTION MACHINE

Name	Specification
Piling Machine	Hydraulic Pile Driving Rig Nippon Sharyo DH658 - 135M
Auger Motort	Earth Auger Motor Machine Nippon Sharyo D200HP - 150 kW Nippon Sharyo D240HP - 180 kW
Spiral Auger	Auger Screw 170B (500mm) Auger Screw 220B (660mm) Auger Screw 220B (800mm)
Expansion Bit	Hydraulic Expanded Bit

Name	Specification
Mortar Plant	Tomen Kenki Grout Pump Grout Mixer Cement Silo
Air Compressor	Airman Air Comp Output Cap. 10m³/min
Steel Follower	(3+2) 5m
Generator	Nippon Sharyo NES6005M-2; 600kVA; 200 V
Service Crane	Cap. 80 ~ 100 Ton
Backhoe	0,2 ~ 0,7 m3
Hopper	Soil Capacity 9m³





## HIGH STRENGTH CONCRETE PILE

### DESIGN REFERENCE

Design	ACI 543R - 00 SNI 03 - 2847 - 2002	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Indonesian Standard Code for Concrete
--------	---------------------------------------	--

### SPUN PILE SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ Mpa}$  (Cubes 600 kg/cm<sup>2</sup>)

Size (mm)	Thickness Wall (ft) (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (ton/m)	Class	Bending Moment		All. Comp (ton)	Decomp Tension (ton)	Length of Pile (m)
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
800	120	2563.54	1527870	0.641	A1	40	60	415	119	6-16
					A2	46	69	406.01	151	
					A3	51	76.5	399.17	171	
					B	55	99	388.61	216	
					C	65	130	368.17	291	
1000	140	3782.48	3589571	0.946	A1	75	112.5	613.52	170	6-12
					A2	82	123	601.27	215	
					A3	93	139.5	589.66	258	
					B	105	189	575.33	311	
					C	120	240	555.23	386	
1200	150	4948.01	6958137	1.237	A1	120	180	802.8	221	6-10
					A2	130	195	794.5	252	
					A3	145	217.5	778.6	311	
					B	170	306	751.9	410	
					C	200	400	721.5	522	

Note : \*) Crack Moment Based on JIS A 5335 - 1987 (Prestress Spun Concrete Piles)

### CYLINDER PILE SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ Mpa}$  (Cubes 600 kg/cm<sup>2</sup>)

Size (mm)	Thickness Wall (ft) (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (ton/m)	Class	Bending Moment		All. Comp (ton)	Decomp Tension (ton)	Length of Pile (m)
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
800	120	2562.24	1527095	0.64	A	40	65	410	158	6-16
					B	55	80	390	205	
					C	65	120	370	291	
					D	75	130	355	330	
					A	75	110	600	213	
1000	140	3780.56	3587751	0.96	B	105	175	560	352	6-12
					C	120	220	550	395	
					D	135	245	530	475	
					A	120	140	800	216	
1200	150	4945.5	6954609	1.24	B	170	270	745	455	6-10
					C	200	200	710	540	
					D	210	210	700	580	



Ditches at the bottom edge of pile to ensure composite state between PC Pile and Socket forming



Hydraulic controlled expanded auger drill bit wing with injector grout line



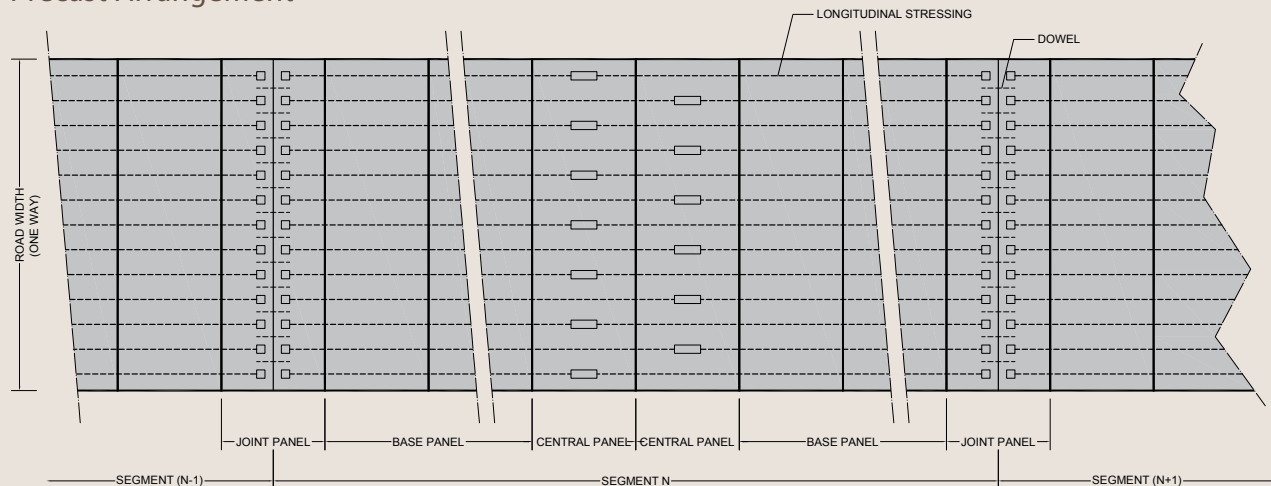
Spun Pile Installation at Bogor Factory Stockyard

# RIGID PAVEMENT FABRICATED

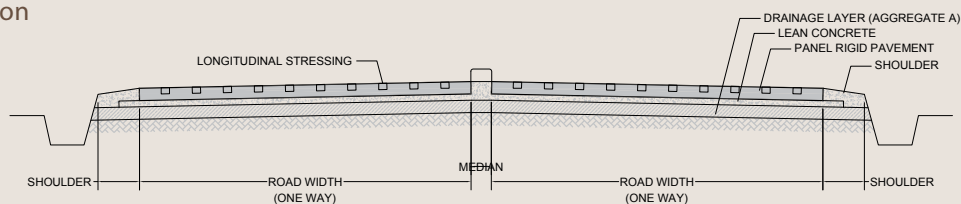
## SHAPE & SPECIFICATION

### Transversal System

#### Precast Arrangement

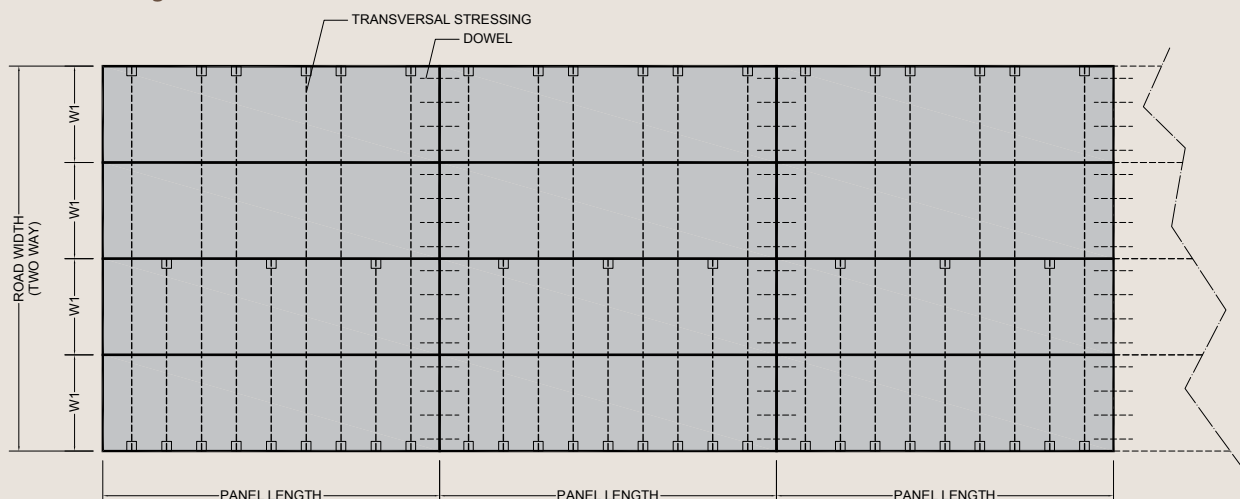


#### Cross Section

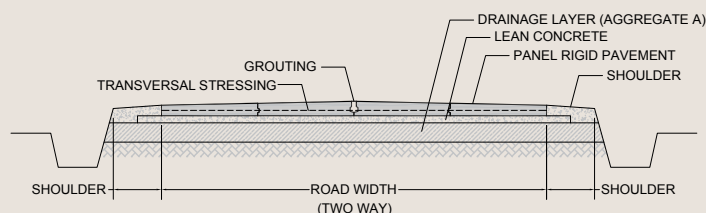


### Longitudinal System

#### Precast Arrangement



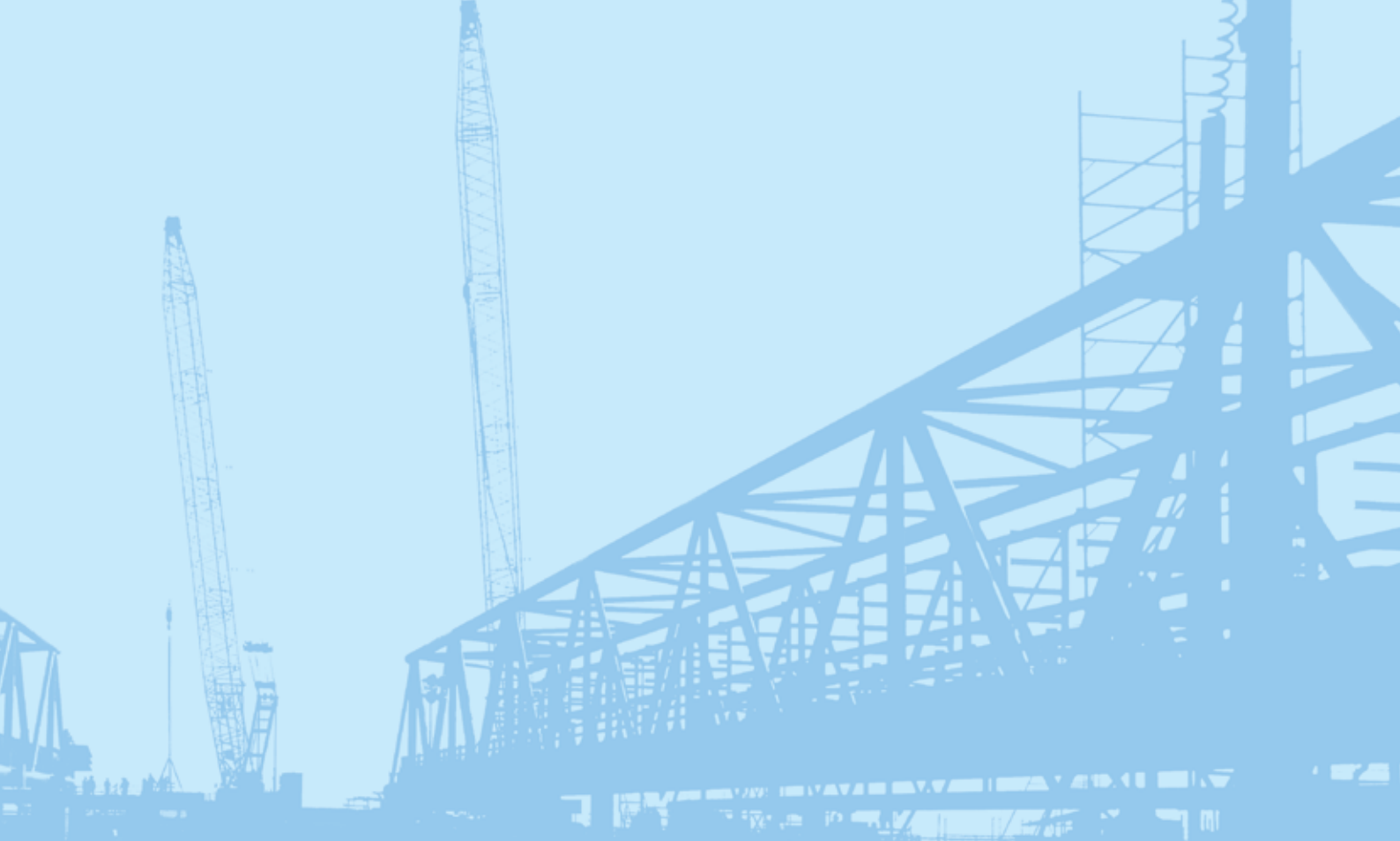
#### Cross Section



## PRODUCT APPLICATION







## SERVICES

### - ENGINEERING

In order to respond to the customers' needs Wika Beton is able to provide engineering services to review the design.

The engineering softwares are always updated and the engineers are trained to keep up with the latest softwares.

The engineering services are meant for design review so that the customers will get feed back whether their design is efficient enough.

It is important as some of the products are customized and subject to the required design.

### - DELIVERY

### - INSTALLATION

### - CONSTRUCTION





# HEAD OFFICE, SALES OFFICES, Factories AND SUBSIDIARIES



## HEAD OFFICE

**GEDUNG JW.** Jl. Raya Jatiwaringin  
No. 54, Pondok Gede, Bekasi 17411  
Telp. : (021) 84973363 (Hunting)  
(021) 85905570 (Marketing)  
Fax. : (021) 84973391, 84973392  
Email : wbcc@wika-beton.co.id  
marketing@wika-beton.co.id  
Web. : www.wikabeton.co.id

## SEKRETARIAT PPWB

**GEDUNG JW.** Jl. Raya Jatiwaringin  
No. 54, Pondok Gede, Bekasi 17411  
Telp. : (021) 84973363 (Hunting)  
Fax. : (021) 84973391, 84973392  
Email : pp\_ppwb@wika-beton.co.id

## SALES OFFICES

### WILAYAH PENJUALAN I

Jl. Gunung Krakatau No. 15  
Medan 20239  
Telp. : (061) 6626225, 6627577  
Fax. : (061) 6628076  
Email : wilayah1@wika-beton.co.id

### WILAYAH PENJUALAN I (REPRESENTATIF RIAU)

Komplek Perkantoran Grand  
Sudirman Blok D-17,  
Jl. Parit Indah/Datuk Setia Maharaja,  
Pekanbaru 28282  
Telp. : (0761) 849909  
Fax. : (0761) 849909  
Email : riau@wika-beton.co.id

### WILAYAH PENJUALAN II

Jl. Bambang Utoyo, Rama Kasih  
Raya No. 957, Palembang 30115  
Telp. : (0711) 712534, 712510  
Fax. : (0711) 720093  
Email : wilayah2@wika-beton.co.id

### WILAYAH PENJUALAN II (REPRESENTATIF LAMPUNG)

Jl. Wolter Monginsidi No. 222  
Teluk Betung, Bandar Lampung  
35215  
Telp. : (0721) 482336  
Fax. : (0721) 482336  
Email : lampung@wika-beton.co.id

### WILAYAH PENJUALAN III

Jl. Biru Laut X No. 20-21  
Jakarta 13340  
Telp. : (021) 8193024  
Fax. : (021) 8560694  
Email : wilayah3@wika-beton.co.id

### WILAYAH PENJUALAN IV

Jl. Teuku Umar No. 21  
Semarang 50234  
Telp. : (024) 8411890, 8318787  
Fax. : (024) 8318135, 8318091  
Email : wilayah4@wika-beton.co.id

### WILAYAH PENJUALAN V

Gedung Tamansari Papilio Lantai 5,  
Jl. Ahmad Yani No. 176 - 178  
Surabaya  
Telp. : (031) 99003395, 99003396  
Email : wilayah5@wika-beton.co.id

### WILAYAH PENJUALAN V (REPRESENTATIF BALIKPAPAN)

Balikpapan Super Blok/Ewalk  
Blok A No. 1, Jl. Jendral Sudirman,  
Balikpapan 76114  
Telp. : (0542) 877027  
Fax. : (0542) 875927  
Email : kaltim@wika-beton.co.id  
wikabeton\_kaltim@yahoo.com

### WILAYAH PENJUALAN VI

Jl. Kima Raya II Kav. S/4-5-6  
Kawasan Industri Makassar,  
Makassar 90241  
Telp. : (0411) 511761, 4723100  
Fax. : (0411) 511955, 4723166  
Email : wilayah6@wika-beton.co.id

## Factories

### SUMATERA UTARA

Jl. Binjai Km. 15,5 No. 1 Diski  
Deli Serdang 20351  
Telp. : (061) 8821543, 8821111  
Fax. : (061) 8821668  
Email : ppb\_sumut@wika-beton.co.id

### LAMPUNG

Jl. Raya Tegineneng Km. 35  
Desa Bumi Agung, Pesawaran 35363  
Telp. : (0725) 411318  
Fax. : (0725) 7851568  
Email : ppb\_lampung@wika-beton.co.id

### LAMPUNG SELATAN (Proyek Pembangunan)

Jl. Wijaya Karya Beton  
(Jl. Lintas Timur Sumatera Km. 4)  
Dusun Yagaloka, Desa Sumur,  
Kec. Ketapang, Kabupaten  
Lampung Selatan

### BOGOR

Jl. Raya Narogong Km. 26  
Cileungsi, Bogor 16820  
Telp. : 021-8674010  
Fax. : 021-8674018  
Email : ppb\_bogor@wika-beton.co.id

### KARAWANG

Jl. Surya Madya III Kav. I-34  
Kawasan Industri Suryacipta  
Karawang 41361  
Telp. : (021) 89115167  
Fax. : (0267) 8610259  
Email : ppb\_karawang@wika-beton.co.id

### MAJALENGKA

Jl. Raya Barat Burujul Kulon,  
Jatiwangi, Majalengka 45454  
Telp. : (0233) 882575  
Fax. : (0233) 882575  
Email : ppb\_majalengka@wika-beton.co.id

### BOYOLALI

Jl. Raya Boyolali-Solo Km. 4,5  
Mojosongo, Boyolali 57300  
Telp. : (0276) 321138  
Fax. : (0276) 321136  
Email : ppb\_boyalali@wika-beton.co.id

### PASURUAN

Jl. Raya Kejapanan No. 323  
Gempol, Pasuruan 67155  
Telp. : (0343) 851488, 852130,  
853161  
Fax. : (0343) 851480  
Email : ppb\_pasuruan@wika-beton.co.id

### SULAWESI SELATAN

Jl. Kima Raya II Kav. S/4-5-6  
Kawasan Industri Makasar,  
Makasar 90241  
Telp. : (0411) 511764  
Fax. : (0411) 4723206  
Email : ppb\_sulsel@wika-beton.co.id

### CRUSHING PLANT BOGOR

Kampung Cikalong, Desa Mekar  
Jaya, Kecamatan Cigudeg,  
Kabupaten Bogor 16660  
Telp. : (0251) 8680232

## SUBSIDIARIES

### PT WIJAYA KARYA KOMPONEN

**BETON (PT WIKAKOBE)**  
Jl. Surya Madya III, Kav. I-28Q  
Kawasan Industri Suryacipta,  
Karawang 41361  
Telp. : (0267) 8630416-17, 8637597  
Fax. : (0267) 8630349  
Email : marketing@wikakobe.com

### PT WIJAYA KARYA KRATAU

**BETON (PT WIKAKRATON)**  
Jl. Australia I, Kav. K2/1,  
Kawasan KIEC Kel. Wanasari,  
Kec. Citangkil, Kota Cilegon

### PT CITRA LAUTAN TEDUH

Jl. Hang Jebat Km. 1, Batu Besar,  
Kota Batam 29432  
Telp. : (0778) 761185, 761186  
Fax. : (0778) 761184

## BIODATA PENULIS



Syah Rizal Darmawan. Lahir di Surabaya, Jawa Timur pada tanggal 23 Desember 1995. Anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Khadijah 3 Surabaya, SMP Negeri 3 Surabaya, dan SMA Negeri 2 Surabaya. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan program sarjana (S1) di Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2014 melalui jalur SBMPTN

dan terdaftar dengan NRP 3114100076. Gelar Sarjana Teknik diperoleh penulis pada tahun 2018 dengan judul Tugas Akhir “Desain Modifikasi Struktur Rumah Susun Tambak Osowilangun Surabaya dengan Metode Beton Pracetak”. Penulis berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat melalui surel : [srdarmawan@yahoo.com](mailto:srdarmawan@yahoo.com)